М[illegible]ВАЯ
РАДИО-
БИБЛИОТЕКА

Хрестоматия радиолюбителя



МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА
Под общей редакцией академика
А. И. БЕРГА

ВЫПУСК
192

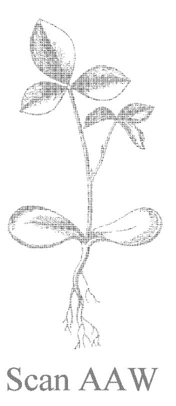
Государственное энергетическое издательство

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

составил

И. И. СПИЖЕВСКИЙ







Москва — Ленинград
1953

Хрестоматия содержит выборки из журнальных статей, книг и брошюр по электротехнике и радиотехнике, в которых излагаются сведения, необходимые для начинающих радиолюбителей.

Книга представляет собой пособие для радиокружков и радиолюбителей, в котором собраны литературные материалы применительно к программам радиокружков по изучению и постройке детекторных и ламповых радиоприемников.

В ней приведены описания ряда популярных радиолюбительских приемников, подобраны статьи по методике конструирования, налаживания и испытания приемников, по изготовлению самодельных источников питания, а также описания учебно-наглядных пособий.

РЕКОМЕНДОВАНО
УПРАВЛЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ОРГКОМИТЕТА ДОСААФ СССР
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ
ДЛЯ РАДИОКЛУБОВ, РАДИОКРУЖКОВ И РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устанавливая День радио, Советское правительство в своем решении особо отметило необходимость поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения.

Наша страна, являясь родиной радио, одновременно является и родиной подлинно массового радиолюбительства, отличительные черты которого — коллективный, творческий труд, организованность и целеустремленность.

Радиолюбительство в нашей стране — большая сила, помогающая прогрессу отечественной радиотехники, радиофикации колхозной деревни и массовой подготовке кадров радиоспециалистов. Наши радиолюбители всегда стремились служить своей Родине, способствовать ее техническому процветанию и культурному развитию. Коллективный характер советского радиолюбительского движения выражается в беспрерывном росте количества радиокружков. Радиолюбители, объединенные в радиокружках Досааф и внешкольных детских учреждениях, не только изучают основы радиотехники и учатся строить радиоаппаратуру, но и коллективно осуществляют радиофикацию сел.

Теперь радиолюбительство приобретает еще более важное значение в свете задач, поставленных XIX съездом КПСС о политехническом обучении. Поэтому весьма важной и актуальной задачей является помощь радиокружкам и их руководителям соответствующей литературой.

Для радиокружков утверждены две основные программы: 1) по изучению и постройке детекторных радиоприемников и 2) по изучению и постройке ламповых радиоприемников. Первая программа рассчитана на кружок, состоящий из лиц, совершенно незнакомых с радиотехникой. Она ставит задачу дать членам кружка самые элементарные понятия о принципах радиопередачи и радиоприема, а также об устройстве, изготовлении и установке детекторных радиоприемников. Вторая программа рассчитана на кружки, объединяющие лиц, уже освоивших первую программу, и является ее логическим продолжением.

В кружках по изучению и постройке ламповых радиоприемников радиолюбители более подробно изучают основы электротехники и радиотехники, учатся читать радиосхемы, знакомятся с устройством и работой электронных ламп, принципами работы отдельных ступеней ламповых радиоприемников, усилителей и источников питания к ним.

Значительное внимание в программе отводится конструированию ламповых радиоприемников прямого усиления, их налаживанию и испытанию. Предусматривается также знакомство с принципом работы супергетеродинного приемника.

Занятия в радиокружках как первой, так и второй программы начинаются с весьма важной темы, посвященной истории и значению радио. Завершаются занятия беседой о достижениях отечественной радиотехники; эта беседа должна повысить интерес к изучаемому предмету и наметить перспективы для дальнейшей работы кружковцев. Несмотря на то, что обе программы рассчитаны всего лишь на

75 час., они охватывают большой комплекс вопросов, в которых изучение теории все время сочетается с практикой конструирования и налаживания радиоаппаратуры.

Все это усложняет подбор литературы для занятий в радиокружках. Между тем в наших журналах и популярной радиотехнической литературе можно найти значительное количество материалов, освещающих вопросы программ радиокружков. Соответствующий подбор и систематизация этих материалов в одной книге могут быть весьма полезны не только для руководителей кружков, но и для радиолюбителей.

Эти соображения явились исходными для составления данной хрестоматии.

Построение хрестоматии в основном соответствует последовательности изложения материала в программах радиокружков. Мы объединили вопросы, общие для обеих программ, и выделили важнейшие темы в 12 глав, соответствующих темам программ радиокружков.

Не выделены в отдельные главы только две темы: катушки индуктивности, материал об изготовлении которых включен в главу о конструировании ламповых радиоприемников, и усилители низкой частоты. Статьи об усилителях включены в главу «Ламповые приемники и усилители».

Материал для хрестоматии подбирался из статей, помещавшихся в журнале «Радио», и отдельных отрывков из книг и брошюр по радиотехнике.

В большинстве случаев эти статьи и отрывки из книг приводятся без изменений, но иногда в них приходилось делать сокращения или дополнения. Это вызывалось либо сложностью изложения, либо тем, что материал несколько устарел или повторял содержание других статей.

Подбирая материалы, мы старались, чтобы изложение было доступным для начинающих радиолюбителей. Однако некоторые статьи и, в частности, описания наглядных пособий рассчитаны на руководителей радиокружков и наиболее успевающих кружковцев, которые пожелали бы углубить свои знания.

В хрестоматию, кроме описаний приемников прямого усиления, включено описание только одного супергетеродина — РЛ-1 — весьма популярного среди радиолюбителей. В главах, посвященных конструированию и налаживанию приемников, подобран материал, строящийся в основном на схеме приемника РЛ-1.

Опыт издания хрестоматии для радиолюбителей является совершенно новым. Поэтому редакция с признательностью примет все указания относительно замеченных недочетов сборника.

Редакция

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ИСТОРИЯ И ЗНАЧЕНИЕ РАДИО

Великий русский ученый — изобретатель радио Александр Степанович Попов[1] (1859—1906)

А. С. Попов родился 16 марта 1859 г. в Турьинских рудниках Верхотурского уезда Пермской губернии (ныне Краснотурьинск, Свердловской области).

По окончании физико-математического факультета Петербургского университета (1883 г.) А. С. Попов перешел на преподавательскую работу в Минную школу и в Минный офицерский класс в Кронштадте.

Прекрасно оборудованные лаборатории Минной школы, являвшейся одним из первых электротехнических учебных заведений в России, обеспечивали благоприятные условия для научной работы А. С. Попова.

В Кронштадте ученый прожил 18 лет. С этим периодом его жизни связаны все основные изобретения и работы по оснащению русского флота радиосвязью.

Деятельность А. С. Попова, предшествовавшая открытию радио,— это неутомимые исследования в области электротехники, магнетизма и электромагнитных волн.

Глубокие и настойчивые труды в этой области привели Попова к выводу, что электромагнитные волны можно использовать для беспроволочной связи. Эту мысль он высказывал в докладах и выступлениях еще в 1889 г.

7 мая 1895 г. на заседании Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника.

Свое сообщение Попов закончил следующими словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применен к передаче сигналов на расстоянии при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией».

Этот день вошел в историю мировой науки и техники как день рождения радио.

Через 10 месяцев — 24 марта 1896 г. А. С. Попов на заседании того же Русского физико-химического общества передал первую в мире радиограмму на расстояние 250 *м*.

Во время опытов по радиосвязи летом 1897 г. ученый совместно со своим помощником П. Н. Рыбкиным установил связь между учебными кораблями «Европа» и «Африка» и берегом на расстоянии 5 *км*.

Тогда же было обнаружено, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. А. С. Попов сделал из этого вывод о возможности практического использования этого явления и дал отправные идеи, положенные теперь в основу радионавигации и радиолокации.

Весной 1899 г. П. Н. Рыбкин и капитан Д. С. Троицкий во время опытов по радиосвязи на Транзундском рейде обнаружили возможность приема радиосигналов в телефон на слух.



А. С. Попов.

[1] По разным источникам.

В связи с этим открытием А. С. Попов разработал новый радиоприемник (телефонный), который принимал сигналы на слух при помощи телефонной трубки и не требовал телеграфного аппарата с записью принятого на ленту.

В этом приемнике когерер был заменен кристаллическим детектором, схема значительно упростилась, а чувствительность повысилась. Этот приемник демонстрировался в 1900 г. на Международной парижской выставке. Изобретателю была присуждена золотая медаль.

Осенью 1899 г. А. С. Попов провел испытания своих радиостанций на трех броненосцах Черноморского флота и достиг дальности связи свыше 20 *км*. Во время этих опытов впервые для радиостанций были применены позывные.

В 1900 г. А. С. Попов осуществил радиосвязь на расстоянии свыше 40 *км* между о. Гогланд и о. Кутсало, недалеко от города Котка в Финляндии. Эта первая в мире практическая линия беспроволочной связи обслуживала спасательную экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», севшего на камни у южного берега о. Гогланд.

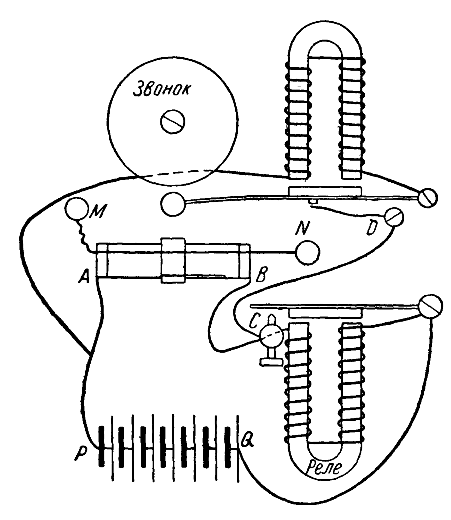


Схема первого радиоприемника А. С. Попова.

„Прилагаемая схема показывает расположение частей прибора. Трубка с опилками подвешена горизонтально между зажимами *M* и *N* на легкой часовой пружине, которая для большей эластичности согнута со стороны одного зажима зигзагом. Над трубкой расположен звонок так, чтобы при своем действии он мог давать легкие удары молоточком посредине трубки, защищенной от разбивания резиновым кольцом. Удобнее всего трубку и звонок укрепить на общей вертикальной дощечке. Реле может быть помещено как угодно.

Действует прибор следующим образом. Ток батареи в 4—5 вольт постоянно циркулирует от зажима *P* к платиновой пластинке *A*, далее через порошок, содержащийся в трубке, к другой пластинке *B* и по обмотке электромагнита реле обратно к батарее. Сила этого тока недостаточна для притягивания якоря реле, но если трубка *AB* подвергнется действию электрического колебания, то сопротивление мгновенно уменьшится, и ток увеличится настолько, что якорь реле притянется. В этот момент цепь, идущая от батареи к звонку, прерванная в точке *C*, замкнется, и звонок начнет действовать, но тотчас же сотрясения трубки опять уменьшат ее проводимость, и реле разомкнет цепь звонка".

(Из статьи А. С. Попова „Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний".)

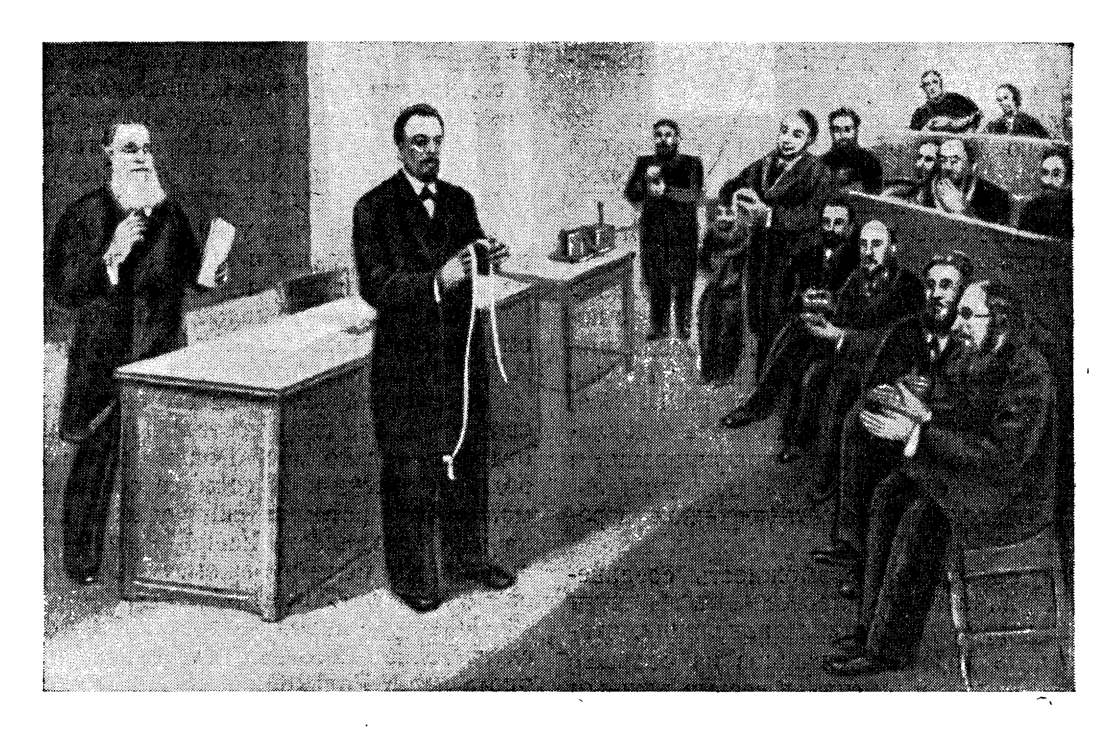
Первая радиограмма, переданная А. С. Поповым на о. Гогланд 6/II 1900 г., содержала приказание ледоколу «Ермак» выйти для помощи рыбакам, унесенным на льдине в море. Ледокол выполнил приказ, и рыбаки были спасены. Первая в мире практическая линия радиосвязи, начавшая свою работу спасением людей, унесенных в море, последующей своей регулярной работой наглядно доказала преимущества радиосвязи. Успешное применение этой линии радиосвязи послужило толчком к «введению беспроволочного телеграфа на боевых судах, как основного средства связи» — гласил соответствующий приказ по Морскому министерству. Работы по радиофикации русского военно-морского флота производились при участии самого изобретателя радио. Этой работы он не оставил и при назначении его профессором физики Петербургского электротехнического института (осень 1901 г.).

К лету этого года А. С. Попов сконструировал новые, так называемые резонаторные радиостанции по сложной схеме, отличавшиеся точной настройкой, и осенью испытал их во время перехода Черноморской эскадры из Севастополя в Новороссийск, осуществив двустороннюю радиосвязь на расстоянии 150 *км*. Этой же осенью он создал первую линию гражданской радиосвязи в Ростове-на-Дону между портом и пловучим маяком в Донецких Гирлах.

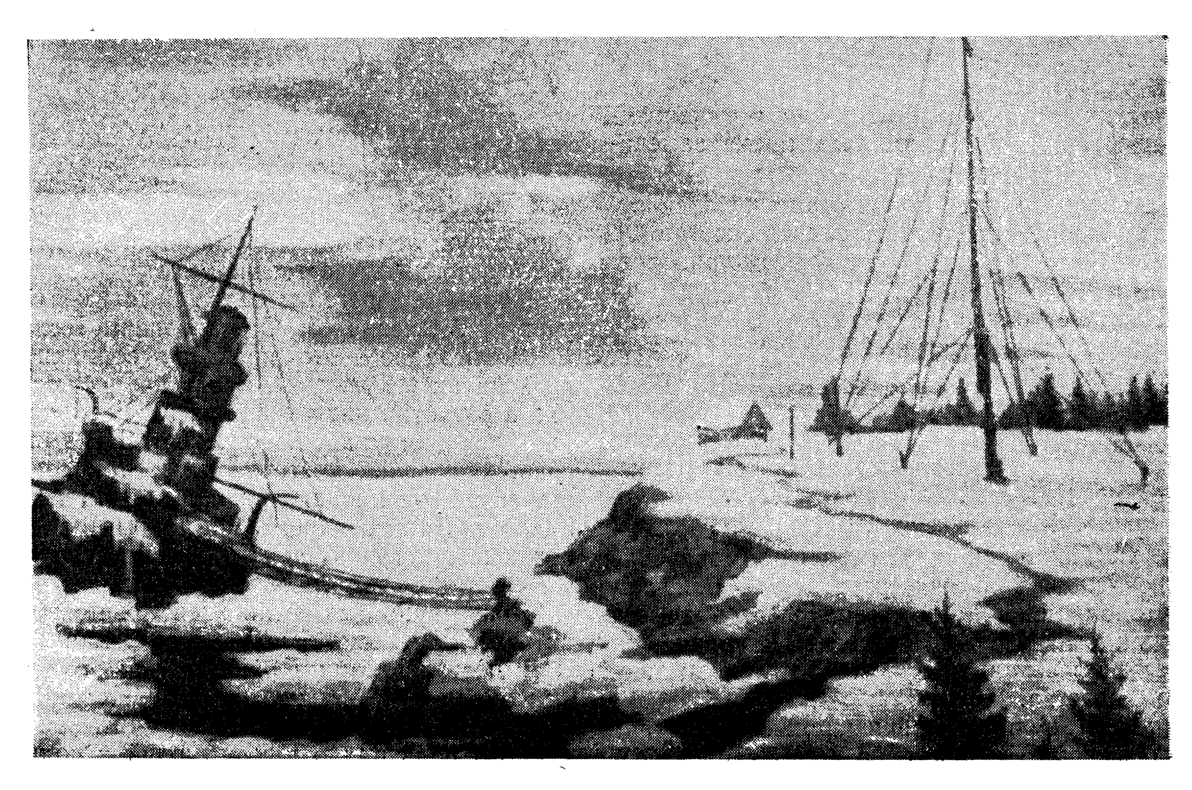
В октябре 1905 г. А. С. Попов был избран первым выборным директором Электротехнического института, где возглавил прогрессивную часть профессуры, защищавшую студенчество от репрессий царского правительства. Через три месяца после этого назначения — 13 января 1906 г. А. С. Попов скончался от кровоизлияния в мозг в расцвете сил, 46 лет от роду.

А. С. Попов не только изобрел первый в мире радиоприемник и осуществил первую в мире радиопередачу, но и обосновал главнейшие принципы радиопередачи. Он открыл и разработал идею многократного усиления, приемную антенну и заземление, создал новую научно-техническую дисциплину — радиоизмерения.

А. С. Попов осуществил первую в мире практическую линию радиосвязи на море, создал первые походные армейские радиостанции и успешно провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках



А. С. Попов демонстрирует впервые в мире передачу и прием радиограммы.



Радиостанция А. С. Попова на острове Гогланд.

и в воздухоплавании, а также при корректировке артиллерийской стрельбы.

Созданием Кронштадтских мастерских по изготовлению приборов для телеграфирования без проводов А. С. Попов положил начало отечественной радиопромышленности.

В последние годы жизни Александра Степановича занимала проблема радиотелефонирования. Он руководил опытами молодого физика С. Я. Лифшица по радиотелефонированию с помощью искрового передатчика, производившимися в Электротехническом институте. В феврале 1904 г. А. С. Попов выступил на III Всероссийском электротехническом съезде с докладом «О новейших успехах телеграфирования и телефонирования без проводов», сопровождавшимся демонстрацией радиотелефонной передачи.

Ученый предсказал возможность соединения линии радиосвязи с проводными линиями и установку на таких линиях трансляций, чтобы обеспечить передачу сигналов на большие расстояния. Поэтому он считал весьма важным осуществление телефонной трансляции. По указанию А. С. Попова разработку этой проблемы вел его ученик В. И. Коваленков (ныне член-корреспондент Академии наук СССР, лауреат Сталинской премии), как известно успешно разрешивший впоследствии эту сложную задачу.

Таким образом, великий изобретатель радиотелеграфа внес большой вклад и в дело развития радиотелефонии.

Выдающийся экспериментатор и талантливый педагог А. С. Попов был также замечательным популяризатором.

На своих лекциях он не ограничивался сухим изложением предмета, а всегда сочетал его с демонстрациями очень остроумных приборов, многие из которых делал своими руками.

«Надо не только рассказывать о явлениях природы, но и показывать эти явления так, чтобы они запоминались на всю жизнь», — говорил А. С. Попов.

Сохранилось немало восторженных отзывов о лекциях А. С. Попова, отличавшихся чрезвычайной простотой изложения и блестящими демонстрациями его знаменитых опытов.

А. С. Попов придавал большое значение научно-технической общественности. Не случайно, что важнейшие свои сообщения и демонстрации, связанные с изобретением радио, он сделал на заседаниях Русского физико-химического общества.

Ученый понимал общенародное значение своего великого изобретения и сам явился первым пропагандистом этого нового открытия в технике. Он использовал аудитории учебных заведений и трибуны различных съездов: естествоиспытателей, врачей, преподавателей физики, железнодорожных электриков. Три последние его лекции о беспроволочном телеграфе были прочтены на съезде учителей народных школ в августе 1905 г.

А. С. Попов был ученым-патриотом, отдавшим все свои силы и знания служению Родине, глубоко верившим в свой народ.

Несмотря на тяжелые условия, в которых ему приходилось работать в царской России, А. С. Попов утверждал:

«Я русский человек и все свои знания, весь свой труд, все свои достижения я имею право отдавать только моей Родине. Я горд тем, что родился русским. И если не современники, то может быть потомки наши поймут, сколь велика моя преданность нашей Родине и как счастлив я, что не за рубежом, а в России открыто новое средство связи».

Советский народ по достоинству оценил заслуги гениального изобретателя и ученого-патриота перед Родиной.

В 1945 г. в нашей стране широко праздновалось 50-летие со дня изобретения радио. Юбилей отмечался 7 мая — в день, когда 50 лет назад А. С. Попов впервые публично демонстрировал свое изобретение.

В связи с этим Советское правительство установило 7 мая ежегодное празднование Дня радио.

День радио

День радио стал в нашей стране всенародным праздником. В этот день — 7 мая — советский народ отмечает одну из наиболее славных дат в истории отечественной культуры, науки и техники — изобретение радио великим русским ученым Александром Степановичем Поповым.

День радио — это праздник социалистической науки и культуры, смотр наших достижений в развитии радиовещания и радиофикации, радиотехники и радиолюбительства. В этот день советский народ чествует патриотов социалистической Родины, внедряющих радио в жизнь, смело прокладывающих новые пути в науке, отдающих все свои силы и знания делу строительства коммунистического общества.

День радио был установлен Советским правительством в постановлении от 2 мая 1945 г.

В постановлении Правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым» говорилось: «Учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечествен-

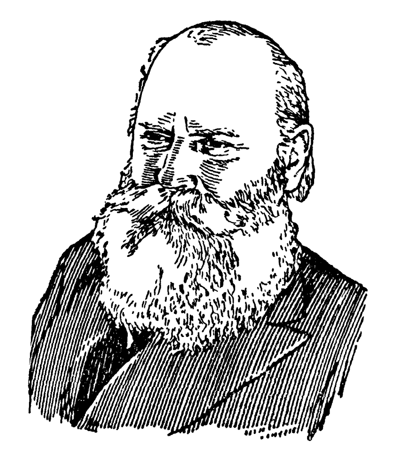


Золотая медаль
им. А. С. Попова.

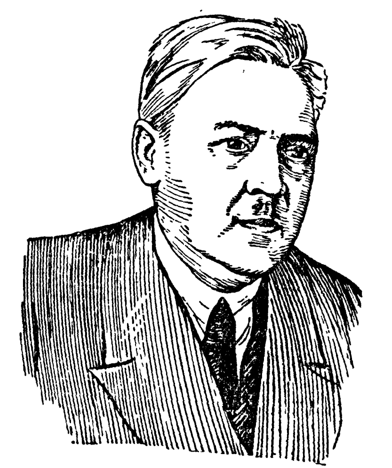


Значок „Почетный радист".

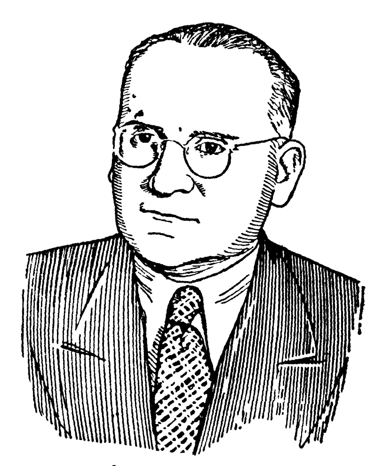
Лауреаты золотой медали им. А. С. Попова



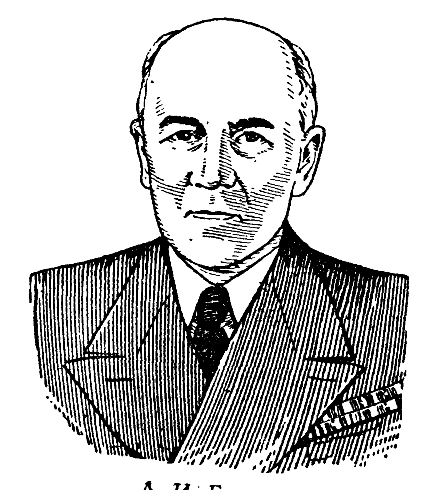
В. П. Вологдин.



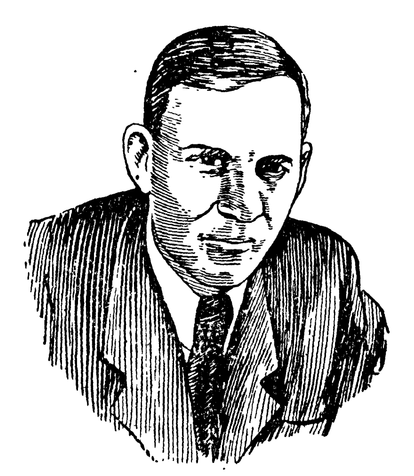
Б. А. Введенский.



А. Л. Минц.



А. И. Берг.



М. А. Леонтович.

ной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный «День радио».

В установлении Дня радио отражается признание государственной важности радио как замечательного средства связи и могучего орудия коммунистического воспитания трудящихся. Установление Дня радио — это еще одно свидетельство огромного внимания и заботы Партии и Правительства о процветании нашей отечественной науки, о дальнейшем прогрессе советской радиотехники.

Этим же постановлением учреждались золотая медаль имени А. С. Попова и значок «Почетный радист».

Золотая медаль имени А. С. Попова присуждается ежегодно в одном экземпляре советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

Значок «Почетный радист» учрежден для награждения лиц, способствовавших развитию радио своими достижениями в области науки, техники, производства и эксплуатации средств радио и организации радиовещания.

Изобретение радио принадлежит России[1]

«Нам стало известно, что последние дни в Италии имели место заседания Конгресса в честь юбилея Г. Маркони, на которых, судя по сообщениям итальянского радио, утверждался приоритет Маркони в изобретении радио. Министр почт, телеграфа и телефона Мерлин заявил на Конгрессе, что «правительство желает подтвердить, что честь открытия радиосвязи посредством сигналов и звучащего слова принадлежит гениальному Маркони».

Советская научная общественность глубоко оскорблена бестактностью устроителей итальянского Конгресса. Мы усматриваем в словах г-на Мерлина сознательное извращение известных, давно установленных фактов.

Одна из наиболее славных страниц в истории русской науки и техники украшена именем замечательного ученого и изобретателя Александра Степановича Попова. В 1895 году он публично демонстрировал первую в мире радиоаппаратуру. В марте 1896 года он впервые в мире осуществил радиопередачу осмысленного текста — слова «Генрих Герц». Схему радиоприемника он опубликовал в январе 1896 года. Тем самым идеи основателей электродинамики Фарадея, Максвелла, Герца, наконец, получили конкретное техническое воплощение и были поставлены на службу человечеству.

В июне 1896 года Маркони подал в Англии свою первую заявку на патент, причем, как оказалось из публикации в июне 1897 года, схема Маркони во всех принципиальных основах совпала со схемой прибора Попова. Эти факты устанавливают бесспорно, что приоритет в изобретении радио принадлежит А. С. Попову.

Русские ученые и все советские люди заслуженно гордятся тем, что приоритет в величайшем достижении науки и техники принадлежит талантливому сыну великого русского народа.

День 50-летия открытия радио А. С. Поповым был отмечен в СССР 7 мая 1945 года как национальный праздник советского народа. Советское правительство установило в этот день ежегодное празднование «Дня радио».

Мы не знаем, какими путями итальянский инженер-изобретатель пришел к схеме, запатентованной им в Англии после известных публикаций А. С. Попова. Известна, однако, скандальная попытка английской капиталистической компании «Маркони» присвоить славу и честь русского ученого итальянскому изобретателю, возглавлявшему компанию.

Это был не первый случай, когда иностранные дельцы присваивали себе идеи и открытия русских ученых и изобретателей. Но на этот раз посягательство англо-итальянских капиталистов на достояние русского народа встретило твердый и решительный отпор. Покровителям Маркони не удалось добиться признания его приоритета, несмотря на все пущенные для этого в ход средства и беззастенчивую рекламу. В ряде книг известных французских, немецких, английских и американских физиков А. С. Попов назван первым изобретателем радио. Не только в России, а и во многих других странах Маркони было отказано в патенте. Даже в США после 19-летнего процесса Верховный суд отказал фирме Маркони в иске об уплате 6 миллионов долларов за якобы пользование патентами фирмы, отказал по тем мотивам, что Маркони не является изобретателем радио.

Протестуя со всей силой негодования против нового попирания законных прав советской науки, мы заявляем во всеуслышание, что достижения в науке и технике народов Советского Союза не являются беспризорным имуществом, что на страже чести и славы советской науки стоят многочисленные отряды старых и молодых ученых, стоит весь советский народ.

[1] Письмо советских ученых, опубликованное в газете «Известия Советов депутатов трудящихся СССР» от 11 октября 1947 г.

Славу Александра Степановича Попова, славу нашего народа нельзя похитить.

Мы выступаем не только в защиту нашей отечественной науки. Мы выступаем против недостойных приемов, продиктованных не интересами науки, а корыстными стремлениями капиталистических дельцов и шовинистическими мотивами националистических политиков.

Мы выражаем свое глубокое убеждение в том, что наш протест разделяют все, кому дорога честная и независимая демократическая наука».

Письмо подписали от Академии наук СССР, Всесоюзного научного Совета по радиофизике и радиотехнике Академии наук СССР и Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова академики С. И. Вавилов, Б. А. Введенский, А. В. Винтер, Б. Н. Юрьев, Н. Г. Бруевич, И. П. Бардин, В. Ф. Миткевич, А. Ф. Иоффе, В. А. Фок, А. И. Берг, М. А. Леонтович; члены-корреспонденты Академии наук СССР — М. А. Шателен, А. Н. Щукин, К. А. Круг, В. И. Вейц, В. П. Вологдин, А. Л. Минц и ряд крупных ученых, докторов технических и физико-математических наук, профессоров московских и ленинградских высших технических учебных заведений.

Радио и наука[1]

История технических открытий в нашей стране красноречиво свидетельствует о могучих научных творческих силах народа. В XVIII веке самоучка Кулибин конструировал мосты с замечательными механическими свойствами; инженер Ползунов изобретал паровую машину; в XIX веке академик Якоби создал гальванопластику и строил первые моторные лодки; инженер Яблочков был изобретателем дуговой лампы, а Лодыгин — лампочки накаливания. Замечательным техническим открытием XIX века явилось изобретение радио Поповым.

В области радио наша отечественная наука не только дала изобретателя беспроволочного телеграфа, но и способствовала дальнейшему прогрессу этой отрасли техники.

Советскими учеными был внесен крупнейший вклад в теоретическую разработку проблем современной радиотехники. Работы академиков Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, М. В. Шулейкина, А. А. Андронова и других ученых дали принципиально новое решение ряда радиотехнических задач.

Война заставила работать одновременно колоссальную армию научных работников в лабораториях, научно-исследовательских институтах, в промышленности и вооруженных силах. Эта исключительная по своему масштабу кооперация науки, промышленности и потребителей необычайно ускорила сроки разработок, доведения идей до законченного технического оформления, накопила огромный опыт.

В области радио был выяснен ряд вопросов по теории электромагнитных колебаний высокой частоты, антенной техники, разработаны новые лампы и конструкции передатчиков и приемников. Во время Отечественной войны радио имело огромное значение, с одной стороны, как всемогущее средство связи, а с другой — как необычайно действенный способ обнаружения самолетов и других предметов и определения расстояния до них (радиолокация). В радиотехнику в течение этого периода внесено много нового работами Ю. К. Кобзарева, А. И. Берга, Б. А. Введенского, Н. Д. Папалекси, А. Л. Минца и ряда других физиков и инженеров.



С. И. Вавилов.

Уровень техники сантиметровых волн, на основе применения которых столь широко развивалась радиолокация, еще незадолго перед войной можно было считать чисто лабораторным. Несколько опытных линий радиосвязи на этих волнах не могли итти в какое-либо сравнение с тем размахом, который получила эта область радиотехники во время войны.

Много нового сделано советскими физиками Л. А. Кубецким, П. В. Тимофеевым и другими в области так называемых электронно-оптических явлений, которые нашли многообразное применение в различных технических областях (говорящее кино, телевидение и пр.).

Изучением распространения радиоволн занимались очень давно. Пожалуй, можно ска-

---

[1] Академик С. И. Вавилов, «Радио», 1947, № 5.

зать, что с первых дней изобретения радио А. С. Поповым начались исследования в этой области. Однако до самого последнего времени такой вопрос, как огибание электромагнитными волнами земли (дифракция), решался лишь весьма приближенно. Существовавший в этой области пробел только недавно был заполнен работой академика В. А. Фока, за которую ему присуждена Сталинская премия. В. А. Фок дал математически строгое решение задачи. Оказалось, что распространение очень коротких радиоволн и дифракция их в первом приближении подчиняются законам геометрической оптики.

Слова И. В. Сталина о советской науке, сказанные 9 февраля 1946 г., глубоко запечатлелись в сознании каждого советского ученого как призыв к активнейшему участию в осуществлении новой пятилетки, как программа борьбы за высокие темпы технического прогресса в нашей стране.

Немало нужно сделать и в области дальнейшего развития радиотехники: несмотря на достигнутые здесь успехи, жизнь выдвигает все новые и новые задачи, связанные с физикой и техникой радио: радиолокация, телевидение, исследование атмосферы (ионосферы). За последние годы возникла и совершенно новая область науки о радиоволнах, новая отрасль науки — радиоастрономия, от которой уже сейчас получаются принципиально новые сведения о космосе. Нельзя не отметить, что методы радио, продвигаясь в самые разнообразные области науки, в большой мере способствуют общему их прогрессу.

Следует указать и на замечательное движение, которое сопутствует и помогает развитию радиотехники,— на радиолюбительство.

Ни в одной области человеческих знаний не было такой массовой общественно-технической самодеятельности, охватывающей людей самых различных возрастов и профессий, как в радиотехнике. Радиолюбительство — это могучее движение, которое привело к участию в радиоэкспериментах тысячи энтузиастов, посвящающих свой досуг технике. Наше советское радиолюбительство имеет еще особенную отличительную черту: оно носило и носит в себе идею служения своей Родине, ее техническому процветанию и культурному развитию. Здесь полезно еще раз напомнить мудрые слова товарища Сталина: «...бывает и так, что новые пути науки и техники прокладывают иногда не общеизвестные в науке люди, а совершенно неизвестные в научном мире люди, практики — новаторы дела».

От Попова до наших дней[1]

В развитии радио, в поисках новых путей и в осуществлении новых идей нашим ученым— продолжателям дела, начатого А. С. Поповым,— принадлежит почетная и ведущая роль.

Русские ученые сохранили за отечественной наукой первенство во всех важнейших областях применения радио.

В 1907 году русский ученый профессор Петербургского технологического института Б. Л. Розинг заложил основы современного электронного телевидения, сделав заявку на изобретенный им «Электрический телескоп», как он назвал свой телевизор.

В 1911 году Розинг создал действующую модель телевизонной установки и получил первое в мире простейшее телевизионное изображение. В этих работах Розинг опередил ученых всего мира на 10—15 лет.

Всемирную известность и признание получили машины высокой частоты, которые вскоре после смерти А. С. Попова были разработаны русским ученым В. П. Вологдиным.

Большой вклад в развитие радиотехники сделал еще в 1916 году М. В. Шулейкин, опубликовав свою работу, в которой он первым в мире математически доказал существование боковых частот при радиотелефонной передаче.

Но особенно плодотворное и бурное развитие получила радиотехника у нас, на родине радио, после Великой Октябрьской социалистической революции.

Уже в первые годы Советской власти в нашей стране начали осуществляться опытные передачи по радио живой речи, а затем и музыки.

Впервые в мире радиовещание началось в ноябре — декабре 1919 года через радиотелефонную станцию Нижегородской радиолаборатории — этой «кузницы радиоизобретений», созданной по указанию В. И. Ленина.

Подобные же опыты проводились в США лишь в конце 1920 года, да и то через радиостанцию радиолюбителя, действовавшего под впечатлением сообщений о достижениях Нижегородской радиолаборатории. В Англии начало радиовещания датируется ноябрем 1922 года, во Франции — декабрем 1922 года, а в Германии — октябрем 1923 года.

В январе 1920 года опытная радиотелефонная станция из Нижнего Новгорода была перевезена в Москву, и ее мощность вскоре была доведена до 3,5 киловатт.

[1] По разным источникам.

В том же 1920 году в Казанской базе радиоформирований также проводились в широких масштабах опыты по радиотелефонированию. Здесь был создан и установлен на одном из волжских пароходов опытный радиотелефонный передатчик; передвигаясь от Казани вниз по Волге, пароход поддерживал радиотелефонную связь со своей основной базой. Работу Казанского радиопередатчика слышно было на расстоянии до 1 000 *км*. Казанские радиоспециалисты вошли в историю радиотехники еще одной замечательной работой: они впервые осуществили усиление речей ораторов и создали первую в мире громкоговорящую установку, позволившую летом 1921 года организовать в Москве передачу «устной газеты» одновременно на шести площадях столицы.

Таким образом, советская радиотехника уже в тяжелые годы гражданской войны, блокады и разрухи обогнала технику капиталистических стран.

В Москве, недалеко от Курского вокзала, есть улица Радио. На ней была построена по указанию В. И. Ленина самая мощная радиостанция в мире с радиусом действия 2 000 *км*. Она имела мощность в 12 киловатт, превышавшую мощность всех вместе взятых радиостанций столиц крупнейших стран Европы и США. Эту радиостанцию построили работники Нижегородской радиолаборатории под руководством М. А. Бонч-Бруевича.

С тех пор и до сегодняшнего дня наша страна сохраняет первенство и ведущее положение в строительстве мощных радиостанций.

28 июля 1924 г. было издано постановление Совета народных комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». Этот исторический документ положил начало бурному развитию радиовещания, радиофикации и радиолюбительства в нашей стране.

Осенью того же года началось систематическое вещание через новую радиостанцию Института связи в Сокольниках, отличавшуюся исключительно высоким качеством передачи. Здесь А. Л. Минц совместно с И. Г. Кляцкиным, Н. И. Огановым и М. И. Басалаевым построили ряд радиотелефонных передатчиков нарастающей мощности — от 1,2 *квт* в 1924 году до 20 *квт* в 1926 году. Последний передатчик (радиостанция им. Попова) был крупнейшим в мире.

Характерно, что первенство этот передатчик перенял у советской же 12-киловаттной радиостанции им. Коминтерна, а уступил его 40-киловаттному радиовещательному передатчику, построенному в 1927 году в Москве М. А. Бонч-Бруевичем при участии А. М. Кугушева.

Генератор мощного радиопередатчика состоял из трех ступеней, причем оконечная ступень имела три лампы с водяным охлаждением при номинальной мощности 25 *квт* каждая. Разработав эту генераторную лампу, М. А. Бонч-Бруевич опередил все заграничные достижения в этой области. Конструкция мощ-



М. А. Бонч-Бруевич.

ных советских радиоламп с водяным охлаждением позже была заимствована заграницей.

В начале 1928 года под руководством А. Л. Минца было организовано бюро мощного радиостроения, в состав которого входили З. И. Модель, П. П. Иванов, Н. И. Оганов и другие радиоинженеры. Первой работой бюро явилась постройка мощной 100-киловаттной радиовещательной станции им. ВЦСПС.

В проектировании и строительстве этой станции было применено много смелых технических новинок, для изучения которых ряд иностранных фирм присылал в Москву своих инженеров.

Вслед за радиостанцией им. ВЦСПС в течение первой пятилетки было построено еще четыре радиостанции такой же мощности, но уже более совершенных.

А в 1933 году зазвучал «голос» 500-киловаттного радиогиганта — новой станции им. Коминтерна.

Эта станция — замечательное сооружение, которому не было равного в мире. Главный строитель этой радиостанции А. Л. Минц применил для нее новый тип радиовещательной антенны и оригинальный способ построения мощной ступени радиопередатчика, состоявшей из шести независимых друг от друга усилительных блоков, работавших на одну общую антенну.

В Америке радиостанция такой же мощности была построена лишь через год, причем по признанию самих американцев при ее проектировании и строительстве была использована советская система построения сверхмощных передатчиков.

Одновременно со строительством длинноволновых и средневолновых передатчиков советские ученые и инженеры напряженно работали над проблемой использования коротких волн.

Пока на Западе изучали свойства радиоволн длиной 70—100 *м*, в Нижегородской радиолаборатории М. А. Бонч-Бруевич и В. В. Та-



М. В. Шулейкин.

таринов в 1923 году перешли к экспериментам с более короткими волнами и выяснили законы распространения длинных и коротких волн. Эти работы показали, что, имея две-три волны, можно осуществить практически круглосуточную радиосвязь с корреспондентами на любых расстояниях. На основе этого Нижегородская радиолаборатория в 1926 году, установив коротковолновые передатчики в Москве и Ташкенте, осуществила магистральную радиосвязь Москва — Ташкент. На этих радиопередатчиках были установлены разработанные В. В. Татариновым первые магистральные коротковолновые антенны в виде сложных систем полуволновых вибраторов. В сентябре 1926 года начала регулярные передачи коротковолновая радиостанция во Владивостоке, установленная Нижегородской радиолабораторией. Эта станция поддерживала связь с Нижним Новгородом на волне 23 *м* на расстоянии в 7 000 *км*.

В том же году на Сокольнической радиостанции был сооружен первый в Европе коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью в 10 *квт*, который поддерживал регулярную связь с Дальним Востоком. На этом передатчике А. Л. Минцем впервые была применена для регулирования частоты реактивная лампа.

Дальнейшие труды наших ученых и инженеров увенчались сооружением в 1938 году первой в мире коротковолновой 120-киловаттной радиостанции для вещания.

Наша страна является также родиной массового радиовещания по проводам. Советская радиотехника первой в мире стала на путь проводной радиофикации. С самого начала радиоузлы у нас стали использоваться не только для трансляции программ, принимаемых по радио, но и для организации местного радиовещания.

Наряду с успехами в строительстве передающих радиостанций и развитии массового радиовещания советские специалисты достигли крупнейших результатов и в создании приемной радиоаппаратуры.

Роль советских ученых в развитии теории радиоприема и в конструировании радиоприемников очень велика и их исследования в ряде случаев опережали исследования зарубежных ученых. Таковы, например, работы В. А. Котельникова и А. Н. Щукина — о помехоустойчивом радиоприеме, А. И. Берга — о сеточном детектировании, Г. С. Горелика и Г. М. Гинца — о сверхрегенераторе, В. И. Сифорова — по теории радиоприема, Е. Г. Момота — по избирательному детектированию. Первостепенное значение для понимания сложных явлений электрических колебаний как при приеме, так и при генерации имеют теоретические работы школы академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.

Многочисленны работы наших ученых и инженеров в области конструирования радиоприемников. Еще в 1923 году П. Н. Куксенко и А. Л. Минц предложили применение железа для настройки контуров; этот метод широко применяется в настоящее время и во многих случаях является основным методом настройки и подстройки контуров. В период 1925—1930 годов П. Н. Куксенко, Л. Б. Слепян, М. И. Пономарев создали ряд конструкций магистральных приемников для длинных волн; в 1932 году А. П. Сиверс разработал конструкцию коротковолнового магистрального приемника ПЦКУ; в 1939 году В. А. Котельников, А. В. Черенков и А. Ф. Ганин сконструировали приемник для приема однополосных передач с одним телефонным и тремя телеграфными каналами.

Пишущий прием на радиолиниях впервые осуществил изобретатель радио А. С. Попов. Перед Отечественной войной на линиях радиосвязи СССР были установлены советские высокоскоростные фототрансмиттеры, позволявшие передавать до 1 000 слов в минуту. При связи на линии Москва — Нью-Йорк эту скорость приходилось понижать, так как на приемных центрах США не было пишущей аппаратуры, могущей работать на таких скоростях.

Фундамент прочно удерживаемого мирового первенства СССР по мощности радиовещатель-

ных станций был заложен работами советских ученых, неизменно стремившихся подвести прочную научную базу под инженерные расчеты. М. В. Шулейкин был одним из создателей советской методики радиотехнических инженерных расчетов, касавшихся длинноволновых антенн и заземлений, ламповых генераторов и их стабилизации, модуляции и др.

В 1920 году, на четыре года раньше иностранных ученых, М. В. Шулейкин разработал основы теории преломления радиоволн в ионосфере.

М. А. Бонч-Бруевич создал свою оригинальную теорию ламповых генераторов, разработал конструкцию мощных генераторных ламп с наружным анодом, охлаждаемым водой. Эта конструкция получила всеобщее признание и стала всюду широко применяться.

А. И. Бергу принадлежат ценные работы по основным вопросам генерации, стабилизации частоты, усиления и управления генераторами.

А. Л. Минц опубликовал работы по расчету мощных генераторов, вопросам модуляции и строительству сверхмощных станций.

Самостоятельная и большая область работ советских ученых и инженеров относится к теории антенн и их конструкциям. Начало этим работам положил М. В. Шулейкин своими исследованиями различных длинноволновых антенн и сетей.

Первые сложные системы коротковолновых антенн были построены в СССР и явились родоначальниками всех устройств подобного типа.

В последнее время работы А. А. Пистолькорса и Я. Н. Фельда дали принципиальное разрешение вопроса о создании так называемых щелевых или дифракционных антенн, которые были предложены независимо друг от друга М. А. Бонч-Бруевичем и М. С. Нейманом для работы на очень коротких волнах.

Новой областью радиотехники является техника сантиметровых волн, сыгравшая решающую роль в успехах радиолокации. Одной из самых основных задач техники сантиметровых волн является разработка методов генерации волн такой длины и соответствующих генераторов. Как известно, в настоящее время практически применяются два типа генераторов — магнетроны (идею которых выдвинул М. А. Бонч-Бруевич) и клистроны. В их разработке выдающаяся роль принадлежит советским ученым. Советский физик А. А. Слуцкин является одним из пионеров в области исследования магнетронов и одним из создателей магнетронного генератора. Современный многокамерный магнетрон представляет собой дальнейшее развитие конструкций магнетронов, разработанных Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым еще в 1936—1937 годах.

Широко распространенный в радиоаппаратуре сантиметрового диапазона так называемый отражательный клистрон изобрел советский инженер В. Ф. Коваленко в 1940 году.

Основную роль в работе клистрона играют объемные колебательные контуры или резонаторы («эндовибраторы»), представляющие собой ограниченные металлическими стенками объемы, служащие резонаторами для электромагнитных колебаний сверхвысоких частот. Такие резонаторы впервые предложил советский радиоспециалист М. С. Нейман.

Обратимся, наконец, к еще одной актуальной проблеме современной радиотехники — проблеме распространения радиоволн.

Заслуга строгого и исчерпывающего решения задачи дифракции, которая является основой теории распространения поверхностных радиоволн, принадлежит советскому ученому академику Б. А. Введенскому.

Наблюдения за распространением коротких волн, давшие ценные результаты, вели Д. А. Рожанский, М. А. Бонч-Бруевич и А. Н. Щукин.

В 1932 году профессор А. Н. Щукин впервые предложил метод расчета напряженности поля на коротких волнах. Он же подробно рассмотрел в 1937 году условия распространения радиоволн в морской воде.

С изобретением ионосферных станций радиотехника получила новое мощное средство для изучения процессов распространения пространственных радиоволн.

М. А. Бонч-Бруевич, смело решавший сложнейшие задачи в любых отраслях радиотехники и намного опережавший ученых Запада в ряде своих идей, явился пионером импульсного метода исследования ионосферы. Он сконструировал и испытал первую мощную 20-киловаттную импульсную станцию, при помощи которой были проведены первые исследования ионосферы за полярным кругом в 1933 году.

Большое значение имеют исследования условий распространения ультракоротких волн (УКВ), играющих теперь столь важную роль в радиолокации и телевидении.

В СССР первые опыты по радиосвязи на УКВ и определению особенностей их распространения были осуществлены еще в 1922 году Б. А. Введенским совместно с А. И. Данилевским. Ими тогда впервые была осуществлена радиотелеграфная передача на волне 3,8 *м.*

В 1926—1928 годах Б. А. Введенский, А. Г. Аренберг и А. В. Астафьев установили законы распространения УКВ на земле в пределах небольших расстояний. Они же провели опыты связи на УКВ с аэростатами и самолетами. В 1928 году Б. А. Введенский впервые в мировой литературе опубликовал формулы, явившиеся первой попыткой установления закона распространения УКВ. Под руководством Б. А. Введенского была построена и в 1931 году вела регулярные передачи первая в мире радиовещательная станция на УКВ (РВ-61). В 1933 году группа советских ученых под руководством Б. А. Введенского успешно провела опыты связи на волне 60 *см*. Радиосигналы, посланные на этой волне, удалось принять на расстоянии около 100 *км*.

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси разработали методы измерения скорости распространения радиоволн, исследовали условия распространения коротких и средних радиоволн над поверхностью земли. Академик В. А. Фок создал теорию распространения радиоволн над поверхностью земли. Совокупность этих работ позволяет решать ряд важных практических задач, возникающих перед новой радиотехникой.

Идеи и исследования советских ученых сыграли также выдающуюся роль в развитии многих задач радиолокации и радионавигации — этих, пожалуй, наиболее важных областей современной радиотехники.

Огромен вклад наших ученых в развитие телевидения.

Важнейшие идеи современного телевидения и изобретения в этой области принадлежат ученым и инженерам нашей страны.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающегося в вырывании светом электронов из поверхности металла. Законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены еще в прошлом веке великим русским физиком А. Г. Столетовым. Им же был построен первый фотоэлемент.

Первый реальный проект системы телевидения был предложен еще в 1885 году русским ученым П. И. Бахметьевым. Описание ее помещено в № 1 журнала «Электричество» за 1885 год.

Как уже указывалось выше, основоположником современного телевидения является русский ученый Б. Л. Розинг. Он же впервые применил принцип накопления фотоэлектрических зарядов, который блестяще использовал в 1931 году советский ученый С. И. Катаев, разработавший электронно-лучевую трубку для передачи изображений.

В 1932 году С. И. Катаев предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать высокочувствительную телевизионную трубку с переносом изображения, известную под названием суперэмитрон. Эта система намного опередила заграничные разработки.

Профессор Г. В. Брауде создал оригинальную систему телекино и предложил в 1938 году электронную систему, использованную позднее в сверхчувствительной передающей телевизионной трубке, называемой суперортиконом.

Важнейшим фактором, обеспечивающим высокую чувствительность современных передающих телевизионных трубок, является применение в них многократного вторичного электронного умножителя, первые действующие модели которого были созданы в 1930 году Л. А. Кубецким.

Большим достижением советской радиотехники является ввод в действие в Москве, Ленинграде и Киеве новых мощных телевизионных центров.

Зона уверенного приема передач Московского телевизионного центра непрерывно увеличивается. Удовлетворительного приема этих передач добились уже радиолюбители городов Серпухова, Тулы, Рязани и Калуги.

Советская научно-техническая мысль успешно работает над созданием аппаратуры цветного телевидения. Систему цветного телевидения еще в 1925 году предложил советский изобретатель И. А. Адамиан. Другую, более совершенную систему приема цветных изображений разработал в 1929 году инженер Ю. С. Волков.

Ведутся также разработки в области объемного телевидения.

На основе развития отечественной радиопромышленности радиовещание и радиофикация приобрели необычайный размах. Митинг с миллионной аудиторией, предсказанный В. И. Лениным, осуществлен.

Успехи советского радио, достигнутые под руководством Партии и Правительства, делают возможным дальнейшее быстрое развитие радиофикации.

Наша Родина перешла к сплошной радиофикации, которая в ближайшие годы будет завершена.

Особое внимание уделяется развитию сельской радиофикации.

Внедрение ультракоротковолнового вещания позволит в городах, где сильны всякого

рода индустриальные помехи, обеспечить высококачественный прием радиовещания.

Радиорелейные линии, на необходимость развития которых указано в решениях XIX съезда КПСС, открывают широчайшие возможности для развития междугородных телефонных связей, а также для обмена телевизионными программами между городами.

В ближайшее время, кроме уже действующих, вступят в эксплуатацию новые телевизионные центры в ряде городов.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники и в быт советских людей, играя огромную роль в техническом прогрессе нашей страны. Применение этой новой техники ведет к повышению производительности труда и улучшению качества продукции при снижении ее себестоимости, открывает новые возможности для научных исследований.

Неуклонный рост экономического и технического могущества нашей отчизны, крупнейшие достижения советской науки и радиотехники создают широкие возможности для успешного выполнения таких научных и технических задач, решение которых не под силу ни одной капиталистической стране.

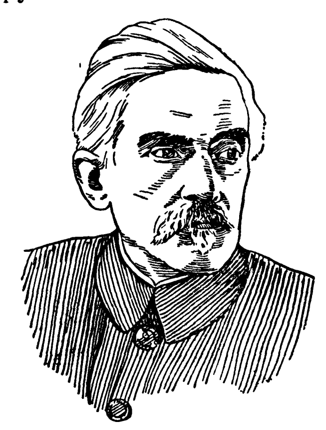
Советские ученые и инженеры, работающие в области радио, воодушевленные историческими решениями XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза, приложат все силы к тому, чтобы множить успехи передовой советской радиотехники во имя дальнейшего укрепления могущества нашей Родины, во имя торжества коммунизма.

Радиолюбители — энтузиасты радиотехники[1]

Великий изобретатель радио А. С. Попов сам являлся первым пропагандистом радиотехнических знаний. Видя общенародное значение своего изобретения, А. С. Попов стремился как можно шире популяризировать достижения в области радиосвязи. Он читал публичные лекции с демонстрациями своей аппаратуры, выступал на различных съездах, стремился привить интерес к радио среди учителей физики. Незадолго до своей скоропостижной кончины ученый прочитал три лекции о беспроволочном телеграфе на съезде учителей народных школ.

Эта деятельность ученого не могла не дать своих плодов. Среди врачей, естествоиспытателей, преподавателей физики, народных учителей, железнодорожных электриков, офицеров флота и студентов, перед которыми выступал изобретатель радио, находились энтузиасты нового величайшего достижения техники.

По праву первым радиолюбителем в нашей стране может считаться Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Этот выдающийся инженер



В. К. Лебединский.

и ученый, прославивший нашу Родину многими замечательными изобретениями в области радио, руководитель Нижегородской радиолаборатории, «крупнейший работник и изобретатель в радиотехнике», как о нем отзывался В. И. Ленин, начал заниматься радиотехникой еще в юношеском возрасте. В 1906 году М. А. Бонч-Бруевич построил в своей домашней лаборатории в Киеве радиоприемник и радиопередатчик по схеме А. С. Попова.

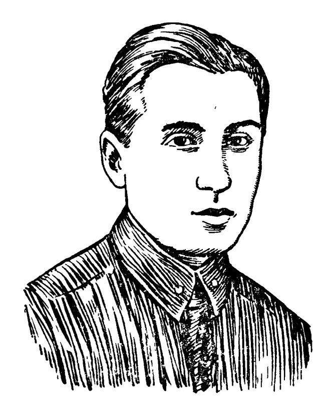
Но только при Советской власти радиолюбительство приняло массовый размах и стало подлинной кузницей подготовки кадров радиоспециалистов и могучей силой радиофикации страны.

Колыбелью советского радиолюбительства была Нижегородская радиолаборатория. Вдохновляемые предначертаниями Ленина, работники Нижегородской радиолаборатории не только осуществляли ленинские идеи радиофикации страны, но и пропагандировали эти идеи, стремились к насаждению радиотехнических знаний в массах.

Большую роль в развитии радиолюбительства играли руководители радиолаборатории М. А. Бонч-Бруевич и в особенности профессор В. К. Лебединский, являвшийся талантливым популяризатором достижений радиотехники и редактором первых советских радиотехнических журналов. В. К. Лебединский был организатором и автором многих статей о радиолюбительстве и создателем первой массовой радиобиблиотечки. Эти первые брошюры для радио-

[1] По разным источникам.

любителей, издававшиеся Нижегородской радиолабораторией большими тиражами и неоднократно переиздававшиеся, очень помогли развитию радиолюбительского движения. Здесь в Нижегородской лаборатории был разработан популярнейший детекторный радиоприемник С. И. Шапошникова, а затем мастерские радиолаборатории изготовили около 1 500 этих приемников специально для радиолюбителей.



О. В. Лосев.

Руководители радиолаборатории привлекли к ее работе талантливых радиолюбителей О. В. Лосева и Ф. А. Лбова. Первый приобрел широкую известность как изобретатель генерирующего детектора (кристадина), а второй стал первым советским коротковолновиком.

В Нижнем Новгороде было создано по инициативе В. К. Лебединского и при содействии всего коллектива Нижегородской радиолаборатории радиолюбительское общество. Подлинную массовость радиолюбительское движение в нашей стране получило после принятия в 1924 году постановления Совета народных комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». В этом году создаются первые профсоюзные радиокружки в Москве, а затем началось бурное развитие радиолюбительства по всей стране. Большую роль в этом деле сыграло радиобюро, созданное Московским городским советом профсоюзов (МГСПС). При нем была создана хорошая радиолаборатория, радиотехническая консультация и курсы инструкторов для радиокружков.

С деятельностью радиобюро связаны первые шаги советского радиовещания, организация первых радиотрансляций, усиление речей ораторов и создание первого в СССР радиоузла проводного вещания. Радиобюро явилось организатором журнала «Радиолюбитель», имевшего большое значение для развития радиолюбительства.

Ни в одной стране радиолюбительское движение не достигало таких широких размеров и не давало таких значительных результатов, как в Советском Союзе.

Многие радиостанции в первые годы радиовещания были построены в нашей стране силами радиолюбителей или на средства, собранные радиолюбительскими организациями. В Киеве, например, первая радиостанция была построена на средства, собранные от выпуска одного номера журнала «Радио для всех».

Радиолюбители построили тысячи радиоузлов и дали стране десятки тысяч техников-практиков, обслуживавших городские и сельские радиоузлы.

Советское радиолюбительство являлось и является массовой лабораторией, своеобразным конструкторским бюро и школой радиотехники для широких масс трудящихся. Многие тысячи ученых, инженеров и техников начинали работу в области радио с занятий в радиокружках.

Немало бывших радиолюбителей и коротковолновиков теперь являются видными инженерами, лауреатами Сталинской премии. В их числе Г. А. Бортновский, С. М. Герасимов, Г. Н. Джунковский, В. Л. Доброжанский, И. С. Народицкий, Н. С. Носков и др.

Особенно много сделали радиолюбители в области коротких волн. Советские коротковолновики были пионерами внедрения коротких волн для связи в народном хозяйстве нашей страны. Являясь отличными радистами-операторами и хорошими радиотехниками, коротковолновики в течение нескольких лет доказали преимущества коротких волн для радиосвязи в самых различных областях социалистического строительства и для обороны страны.

В 1928 году коротковолновики доказали возможность применения коротких волн в авиации, поднявшись со своими радиостанциями на аэростатах и установив во время полета связь с рядом городов Советского Союза.

Год спустя группа коротковолновиков со своими радиостанциями участвовала в войсковых маневрах, показав своей работой, что применение коротких волн имеет ряд преимуществ для военной связи.

Коротковолновики участвовали в различных экспедициях. Они объездили со своими портативными передатчиками всю страну от Памира до полярных зимовок, от Балтики до Чукотки. Всюду, в экспедициях Академии наук в пустыню Кара-Кум, в походе ледоколов во время спасения экспедиции Нобиле, в кругосветных путешествиях на кораблях морского торгового флота, в поездах и на самолетах они

практически демонстрировали преимущества коротковолновой связи. Они первыми применили короткие волны в Арктике, обслуживая радиосвязью полярные зимовки.

Коротковолновики были инициаторами применения радиосвязи в сельском хозяйстве. Известная «Малая политотдельская радиостанция» появилась на полях по инициативе радиолюбителей. Теперь в МТС и совхозах работают тысячи новых современных радиостанций «Урожай».

Немало сделали радиолюбители и для утверждения значения ультракоротких волн. Своими первыми опытами они открыли дорогу ультракоротким волнам в ряд отраслей народного хозяйства. Они первыми осуществили УКВ-связь между маневровыми паровозами и составителями поездов, применили УКВ в борьбе с пожарами, в планерном спорте, для радиорепортажа.

Вероломное нападение немецко-фашистских полчищ на нашу страну прервало мирную деятельность радиолюбителей, но их знания в области радиотехники, высокое мастерство радистов нашли широкое применение на фронтах Великой Отечественной войны. Тысячи радистов, вышедших из рядов радиолюбителей или получивших радиотехническую подготовку в организациях Осоавиахима, были награждены орденами и медалями за доблесть и мужество, проявленные на фронтах борьбы с фашистскими захватчиками и в партизанских отрядах.

Всей стране известны имена павших смертью храбрых — радистов героев Советского Союза Елены Стемпковской и Михаила Кравцова, вышедших из числа радиолюбителей.

В послевоенные годы радиолюбительство получило новый широкий размах.

В постановлении Правительства об установлении Дня радио подчеркивается необходимость «поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения».

Массовым радиолюбительским движением в нашей стране руководит Добровольное общество содействия армии, авиации и флоту. Оно объединяет радиолюбителей, работающих в различных областях радиотехники, занимающихся в радиокружках, изучающих радио на всевозможных курсах и в школах Досааф.

Во многих городах страны имеются радиоклубы Досааф, ставшие центрами радиолюбительской учебы и конструкторско-исследовательской деятельности. Большую работу проводит среди радиолюбителей Центральный радиоклуб Досааф.

Радиоклубы объединяют многочисленный радиолюбительский актив, руководят работой радиокружков, организуют курсы, ведут пропаганду радиотехнических знаний среди населения.

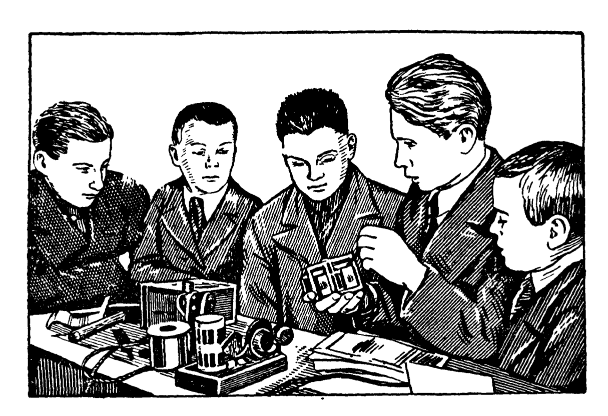
На предприятиях, в колхозах, учреждениях, школах, при клубах и домах культуры работают тысячи радиолюбительских кружков Досааф. В них изучаются основы радиотехники и конструируется радиоаппаратура.

Все более широкие размеры принимает радиолюбительская работа в школах. Под руководством учителей-радиолюбителей учащиеся на практике в радиокружках изучают радиотехнику, сооружают школьные радиоузлы и приемники для радиофикации деревни.

Большую работу проводит Досааф по массовой подготовке кадров радиоспециалистов из числа радиолюбителей. В радиоклубах и на курсах готовятся для нужд народного хозяйства радиооператоры, радиотелеграфисты и телефонисты, радиомонтеры, специалисты по телевидению. Ежегодно десятки тысяч юношей и девушек изучают в организациях Досааф радиотехнику и становятся радиомастерами, радиотелефонистами и радиотелеграфистами.

Досааф ежегодно проводит Всесоюзные радиотелеграфные соревнования коротковолновиков, победителям которых присваиваются звания чемпионов общества по радиосвязи и радиоприему. Эти звания присуждались: по радиосвязи А. Ф. Камалягину (1947 г.), К. А. Шульгину (1948 и 1949 гг.), В. Н. Гончарскому (1950 г.) и Л. М. Лабутину (1951, 1952 и 1953 гг.), а по радиоприему В. В. Белоусову (1948 г.), А. И. Морозу (1949 г.), В. А. Каневскому (1950 г.), И. Хлесткову (1951 г.), В. П. Шейко (1952 г.) и С. М. Хазан (1953 г.).

Стали традиционными Всесоюзные радиотелефонные соревнования коротковолновиков, привлекающие с каждым годом все большее и большее количество участников. Советские коротковолновики принимают также участие в международных соревнованиях, добиваясь в них высоких результатов. Ежегодно организуются Всесоюзные соревнования радистов-операторов, в которых принимают участие тысячи радистов. Эти соревнования проводятся в два тура. В первом туре тексты конкурсных передач передаются по радио через несколько десятков радиостанций, обеспечивающих возможность участия в конкурсе всем радистам в соревнованиях на личное первенство. Одновременно в радиоклубах эти тексты принимаются командами, по одной от каждого клу-


На занятиях радиокружка.

ба, оспаривающими командное первенство. Контрольные радиограммы в первом туре передаются с разными скоростями.

По окончании передачи принятые тексты отправляются в Москву для установления первенства клубов и команд и определения кандидатов на участие во втором туре соревнований.

Во втором туре сильнейшие радисты-спортсмены страны соревнуются теперь по шести видам приема и передачи радиограмм, в число которых входит прием на слух буквенного и цифрового текста с записью на пишущей машинке. Победитель всех этих сложных видов соревнований получает звание чемпиона Досааф текущего года. За семь послевоенных лет это высокое звание завоевали четыре радиста-спортсмена: Ф. И. Ежихин (1947 г.), Ф. В. Росляков (1948, 1949 и 1953 гг.), А. Е. Веремей (1950 и 1951 гг.) и И. В. Заведеев (1952 г.). Последним же установлен Всесоюзный рекорд приема на слух буквенного текста с записью на пишущей машинке — 430 знаков в минуту!

Подобных массовых соревнований радистов не знает еще ни одна страна в мире.

С 1949 года введены постоянные соревнования коротковолновиков на установление в кратчайший срок радиосвязи с любительскими радиостанциями союзных республик или приема их работы, а также соревнования на проведение радиосвязи или приема любительских радиостанций всех краев, областей и автономных республик Союза ССР. Эти соревнования приобрели большую популярность среди коротковолновиков и выявили значительное количество рекордсменов, подлинных мастеров радиолюбительского спорта. Так, например, москвич Ю. Н. Прозоровский установил радиосвязь с любительскими радиостанциями 16 союзных республик за 3 час. 53 мин. и первым в стране добился осуществления связи с любительскими радиостанциями всех краев, областей и автономных республик СССР.

С каждым годом растет мастерство советских коротковолновиков. Раньше, до Великой Отечественной войны, также проводились Всесоюзные соревнования, но достижения победителей не регистрировались. Организаторы соревнований ограничивались лишь поощрением победителей соревнований. Теперь Центральный Комитет Досааф внимательно следит за рекордами, устанавливаемыми во время соревнований, публикует сводные таблицы достижений коротковолновиков и выдвигает новые виды объектов соревнований, чем способствует широкому развитию радиолюбительского спорта.

Результатом этого являются новые замечательные достижения наших коротковолновиков: трижды чемпион Досааф по радиосвязи Л. М. Лабутин установил за 12 час. непрерывной работы 453 двусторонние телеграфные связи с любительскими коротковолновыми радиостанциями, а саратовский коротковолновик Ю. С. Чернов за 6 час. установил 122 радиотелефонные связи.

Радиолюбители-досаафовцы активно участвовали и участвуют в радиофикации села. Они явились инициаторами массового использования детекторных радиоприемников для радиофикации населенных пунктов, не охваченных еще электрификацией.

В 1951 году, например, радиолюбители — члены Досааф установили в колхозах 62 тыс. радиоприемников, 427 радиоузлов и около 30 тыс. радиотрансляционных точек.

С каждым годом все большее значение приобретают в нашей стране ставшие традиционными ежегодные выставки радиолюбительского творчества — районные, городские, областные, республиканские и всесоюзные.

Свыше 10 тыс. описаний конструкций было представлено на шести всесоюзных выставках творчества радиолюбителей-конструкторов Досааф с 1947 по 1953 год. Свыше двух тысяч радиолюбителей-конструкторов участников этих выставок награждено премиями и дипломами.

Радиовыставки последних лет отражают не только количественный, но и качественный рост радиолюбительского движения, показывают значительное повышение знаний, инициативы и новаторского мастерства советских радиолюбителей.

Все больше расширяется круг проблем, за разработку которых смело берутся радиолюбители.



На выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

Пытливый ум радиолюбителей подсказал в ряде случаев оригинальные, остроумные и смелые решения отдельных важных проблем создания новой радиоаппаратуры, ценной для промышленности и научно-исследовательских учреждений.

Во всех областях радиотехники работали и преуспевали радиолюбители-конструкторы. Они предложили несколько десятков оригинальных конструкций простых и экономичных батарейных приемников для села и большое число приемников от сети переменного тока, среди которых ряд кнопочных приемников, конструкций для местного приема, от самых несложных и дешевых до радиоприемников для высококачественного воспроизведения радиопрограмм, и великолепных радиол.

Большой интерес представляет аппаратура для народного хозяйства и медицины, в которой используются радиотехнические методы.

Радиолюбители — люди самых разнообразных специальностей. Среди них немало врачей, педагогов, рабочих, техников и инженеров нерадиотехнических специальностей. Обладая большим опытом в конструировании радиоаппаратуры, они являются своеобразными представителями радиотехники в своих областях народного хозяйства и часто находят полезное применение радиотехнических методов в своей работе. Радиолюбительская мысль подсказывает им неожиданное и оригинальное решение сложных технических проблем.

Среди коротковолновой аппаратуры всесоюзных радиовыставок выделяются первоклассные приемники и отличные передатчики. Немало интересных конструкций продемонстрировано в разделах ультракоротких волн: ряд ЧМ-приемников, портативных передатчиков, ЧМ/АМ-приемников и других разработок, свидетельствующих о присущем радиолюбителям чувстве нового и стремлении к прогрессу.

По большому количеству экспонатов и их разнообразию, по компактности и тщательности отделки аппаратуры, по обилию интересных технических идей отдел измерительной аппаратуры радиолюбительских выставок с каждым годом привлекает все большее внимание посетителей По количеству экспонатов этот отдел на 11-й Всесоюзной радиовыставке занял первое место.

Немалые достижения имеют радиолюбители в области звукозаписи и разработке интересных наглядных пособий, облегчающих понимание сложных процессов при изучении радиотехники.

Особенно успешная деятельность радиолюбителей, связанная с массовым развитием телевидения. Этой благородной цели служат разработки простых и дешевых телевизоров, радиотрансляционного телевизионного узла, опы-

ты по дальнему приему телевизионных передач и наконец, создание любительских телевизионных центров.

Харьковские радиолюбители явились зачинателями этого важного дела. Они разработали малый и дешевый телецентр, построили его и, пустив в эксплуатацию, доказали, что радиолюбители могут решать большие радиотехнические задачи.

Теперь за строительство малых телецентров взялись радиолюбители ряда городов.

Таковы замечательные достижения советских радиолюбителей в области конструирования радиоаппаратуры, продемонстрированные на послевоенных радиовыставках.

Около семисот описаний различных радиолюбительских конструкций опубликовано в журнале «Радио» и в массовой радиобиблиотеке Госэнергоиздата за послевоенные годы. Это внушительный итог, свидетельствующий о плодотворной деятельности радиолюбителей-конструкторов Досааф.

В целях повышения технического и спортивного мастерства советских радиолюбителей в 1952 году установлена единая спортивно-техническая классификация радиолюбителей Досааф СССР. Введены звания мастера радиолюбительского спорта и мастера-радиоконструктора. Это важнейшее начинание будет еще больше способствовать развитию радиоспорта и конструкторской деятельности среди радиолюбителей.

Радиолюбительство приобретает теперь еще более важное значение в свете задач, поставленных XIX съездом Коммунистической партии Советского Союза о политехническом обучении.

Радиолюбительство политехнично в своей основе. Оно требует знания физики, электротехники, прививает любовь к ремеслам, знакомит с электроникой, телевидением, звукозаписью, телемеханикой и различными средствами беспроволочной связи.

Радиолюбительство воспитывает настойчивость, техническую смекалку, изобретательность.

Все это обеспечивает советскому радиолюбительству еще большую массовость и дальнейшее широкое развитие.

За последние годы радиотехника ушла далеко вперед и создание совершенного радиоаппарата является сложным коллективным делом, требующим больших знаний. Чтобы сделать новый аппарат, надо быть не только конструктором-радиоспециалистом, но и технологом, хорошо знать химию, металлургию и т. д.

Это обстоятельство породило в капиталистических странах теорию о том, что будто бы при нынешнем развитии радиотехники радиолюбителям не осталось места, что радиолюбительство изжило себя. В условиях буржуазного общества, где радиолюбители являются одиночками и работают не в общественных, а в личных интересах, сейчас наблюдается упадок радиолюбительства, его отставание от развития техники.

Все возрастающее обнищание трудящихся масс в странах капитала не позволяет рабочим и крестьянам заниматься радиолюбительством. Поэтому в капиталистических странах радиолюбительство стало доступно только имущим классам.

В условиях социалистического общества, наоборот, неуклонный рост материального и культурного уровня жизни трудящихся обеспечивает дальнейшее развитие радиолюбительства. То, что не под силу одному любителю, у нас с успехом делает коллектив, кружок. На помощь радиолюбителям у нас приходят радиоклубы, специалисты.

Отличительной чертой советского радиолюбительства являются его творческий характер, самодеятельность и организованность, беззаветное служение интересам своей социалистической Родины, забота об ее техническом процветании и культурном развитии.

Наши радиолюбители по справедливому утверждению академика А. И. Берга — это целая армия деятельных, активных творцов, объединенных и организованных, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это — наш мощный резерв, который в ближайшие годы вырастет еще во много раз.

Весь этот мощный коллектив, охваченный творческим созидательным трудом, неустанно работает над тем, чтобы советская радиотехника служила делу строительства коммунизма в нашей стране.

Литература

Книги

Б. А. Введенский, А. С. Попов — изобретатель радио, Изд. Ан СССР, 1948.

А. И. Берг и М. И. Радовский, Изобретатель радио А. С. Попов, Госэнергоиздат, 1950.

М. А. Шателен, Русские электротехники второй половины XIX века, Госэнергоиздат, 1949.

В книге, удостоенной Сталинской премии, освещается выдающаяся роль крупнейших русских электротехников XIX века в развитии мировой электротехнической мысли. Одна из глав посвящена жизни и деятельности А. С. Попова.

А. Л. Минц, Достижения советской радиотехники за 30 лет (стенограмма публичной лекции), Всесоюзное

общество по распространению политических и научных знаний, Изд. «Правда», 1948.

И. Т. Пересыпкин, Радио — могучее средство обороны страны, Воениздат, 1948.

Книга посвящена развитию военной радиотехники и применению радиосвязи в Советской Армии, особенно в Великой Отечественной войне. Заключительные разделы посвящены радиосвязи и радиовещанию в четвертой пятилетке и вопросам радиолюбительства.

Г. А. Казаков, Наша страна — Родина радио, Досааф, 1952.

Пособие для докладчиков и лекторов, освещающее вопросы истории развития отечественной радиотехники и роли радио как средства коммунистического воспитания и важного фактора в развитии современной техники. Отдельные главы посвящены вопросам радиофикации и радиолюбительства.

В. И. Шамшур, А. С. Попов и современная радиотехника (Научно-популярная библиотека солдата), Воениздат, 1952.

В книге подробно излагается история изобретения радио и показывается преемственность использования и развития научного наследия А. С. Попова советскими учеными, внесшими выдающийся вклад в развитие радиотехники. Рассказывается о приоритете советских ученых во многих областях современной радиотехники.

Михаил Васильевич Шулейкин, Сборник статей под редакцией академика Б. А. Введенского, Изд. «Советское радио», 1952.

Сборник посвящен памяти выдающегося ученого и одного из виднейших деятелей отечественной радиотехники — М. В. Шулейкина. В статьях сборника освещается биография ученого и его роль как общественного деятеля, учителя и воспитателя нескольких поколений советских радиоспециалистов. Ряд статей посвящен значению научной деятельности М. В. Шулейкина и созданной им научной школы в области распространения радиоволн.

Ф. И. Честнов, Радио и его применение (Естественно-научная библиотека школьника), Детгиз, 1950.

Ф. Честнов, Радио сегодня, Воениздат, 1950.

Популярные очерки о достижениях радиотехники и ее применении. Рассказывается о радиосвязи, радиовещании, радионавигации, радиолокации, телевидении и радиотелемеханике.

В. Д. Охотников, В мире застывших звуков (Научно-популярная библиотека матроса и солдата), Воениздат, 1948.

Брошюра знакомит с историей, достижениями и принципами звукозаписи.

К. А. Гладков, Дальновидение (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1950.

Брошюра знакомит с принципами телевидения, историей его развития, современным его состоянием и перспективами развития.

Г. Ефимов, Радист, Изд. Досарм, 1950.

Брошюра знакомит с военной специальностью радиста, рассказывает о славных боевых делах советских радистов, о радиосвязи в Советских Вооруженных Силах и о требованиях, предъявляемых к военному радисту.

В. Лупач, Корабельный радист, Изд. Досарм.

Брошюра посвящена рассказу о специальности военно-морского радиста.

Ф. Честнов, В мире радиоволн, Издательство детской литературы Министерства просвещения РСФСР, 1951.

Популярный рассказ о достижениях отечественной радиотехники и ее применении в различных областях народного хозяйства. В доходчивой форме автор знакомит юных читателей с техникой важнейших отраслей радиотехники, иллюстрируя материал интересными хорошо выполненными рисунками и простейшими схемами.

П. В. Шмаков, Пути развития советского телевидения (стенограмма публичной лекции), Ленинградское отделение Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний, 1949.

Статьи

Б. А. Введенский, Советские ученые продолжают дело А. С. Попова, «Радио», 1948, № 5.

Б. А. Введенский, Радиотехника в СССР, «Радио», 1950, № 5.

С. И. Катаев, Вклад советских ученых в развитие телевидения, «Радио», 1948, № 5.

Н. А. Байкузов, Великий ученый (к 90-летию со дня рождения изобретателя радио А. С. Попова), «Радио», 1949, № 3.

П. Остряков, У истоков радиовещания, «Радио», 1950, № 1.

Г. А. Казаков, Наша страна — родина радиовещания, «Радио», 1951, № 3.

А. М. Кугушев, Нижегородская радиолаборатория имени В. И. Ленина, «Радио», 1951, № 5.

А. И. Берг, Развитие радиотехники и перспективы ее использования, «Радио», 1951, № 11.

П. Остряков, Ведущая роль русских инженеров в развитии радио, «Радио», 1951, № 11.

З. Топуриа, Важная задача радиолюбителей, «Радио», 1951, № 11.

В. Шамшур, Ленинская забота о развитии радиотехники, «Радио», 1952, № 1.

И. Т. Пересыпкин, На страже великих завоеваний советского народа, «Радио», 1952, № 2.

В. Вологдин, Промышленное применение техники высоких частот и электроники, «Радио», 1952, № 5.

В. Власов, Развитие радиотехники в СССР, «Радио», 1952, № 5.

А. Таранцов, Заслуги русских ученых в создании и развитии телевидения, «Радио», 1952, № 5.

А. И. Берг, Советская радиотехника в 1951 г., «Радио», 1952, № 8.

А. Л. Минц, Советская радиотехника за 35 лет, «Радио», 1952, № 11.

А. Таранцов, 65 лет со дня открытия фотоэлектрического эффекта, «Радио», 1953, № 3.

И. С. Джигит, Задачи советской радиотехники в свете решений XIX съезда КПСС, «Радио», 1953, № 5.

А. Пузин, К новым успехам советского радио, «Радио», 1953, № 6.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Русское первенство в электротехнике[1]

Вклад в развитие электротехники, сделанный русскими изобретателями и учеными, поистине беспримерен. Взгляните на этот рисунок и вы увидите, что нет такой отрасли электротехники, где бы ни потрудились русские новаторы.

Это справедливо и для времен накопления начальных сведений об электричестве, когда М. В. Ломоносов, Ф. У. Эпинус, В. В. Петров, Х. И. Гротгус заложили фундамент наших знаний о могучей электрической силе; это верно и для позднейших лет, когда электротехника приступила к строительству первых машин и аппаратов. Мы видим, что первый электродвигатель, первый телеграф, первые дуговые регуляторы родились в России. Наконец, это верно и для периода начала расцвета электротехники, когда появился электрический свет, когда тысячи электрических машин пришли в промышленность и на транспорт. Самые важные, самые крупные изобретения этого периода были сделаны русскими людьми. Таковы трансформаторы П. Н. Яблочкова и И. Ф. Усагина, таковы трехфазные генератор и двигатель М. О. Доливо-Добровольского, ставшие настоящими сердцами промышленной энергетики, таковы электроосветительные приборы — знаменитая «свеча» П. Н. Яблочкова и лампа А. Н. Лодыгина.

Русский ученый А. Г. Столетов своими исследованиями намагничивания стали заложил основы расчета электрических машин и аппаратов. Инженер Ф. А. Пироцкий своими замечательными опытами доказал возможность передачи с помощью электричества значительных мощностей на большие расстояния, а Д. А. Лачинов разработал основные принципы дальних электропередач. Первая дальняя электропередача на переменном токе, построенная в 1891 году М. О. Доливо-Добровольским, стала прообразом электрических магистралей наших дней. Опыты А. Г. Столетова по фотоэффекту подготовили рождение фотоэлектроники, а в совокупности с работами профессора Б. Л. Розинга они заложили основу современного телевидения.

Труды великих русских электротехников подготовили почву для нового величайшего открытия, изобретения радио нашим гениальным соотечественником Александром Степановичем Поповым.

Сейчас, живя в социалистической стране, в которой вся огромная мощь электротехники впервые стала настоящим слугой человека, мы с благодарностью и гордостью вспоминаем имена людей, вызвавших к жизни великий и чудесный мир техники электричества.

С каждым днем растет вклад нашего отечества в совершенствование, умножение и создание новых, еще невиданных электрических машин, приборов, аппаратов.

В нашей советской стране впервые заработали знаменитые электроискровые станки изобретателей Лазаренко, советский ученый Хренов первым в мире зажег пламя электрической дуги под водой; работы академика Вавилова и его учеников подготовили рождение замечательных люминесцентных ламп... Десятки и десятки крупнейших изобретений сделаны электротехниками страны социализма. Советская наука крепко держит в своих руках знамя первенства, поднятое в годы далекого прошлого русскими электриками.

[1] «Техника молодежи», 1948, № 11.



Что нужно знать об электроне[1]

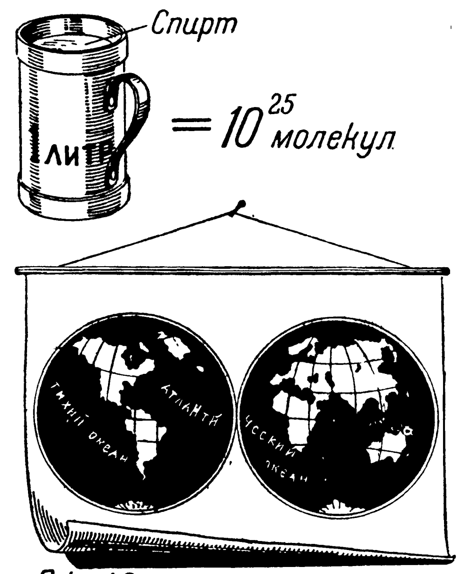
Перед нами на столе стоит радиоприемник. К нему присоединены антенна и питание — батареи или осветительная сеть.

Этот приемник — электронная машина. Его оживляют и заставляют работать электроны.

Мы включили приемник. Под действием напряжения батарей или сети в приемнике, в его проводниках пришли в движение армии электронов. Их движение разогрело нити накала ламп, из катодов начали вырываться электроны; они полетели к анодам и стали путешествовать по всем цепям приемника.

Радиоволны далекой станции пересекли провод антенны и в нем также пришли в движение электроны. Они «заметались» в контурах, отчего изменилось напряжение на сетке первой лампы, и это заставило электронный поток внутри лампы изменить свою величину. Диктор на станции произнес слово, пришли в движение электроны в передающей и приемной антеннах, молниеносно пронесся этот импульс через все контуры, лампы и цепи приемника, обежал обмотки громкоговорителя и тот повторил сказанное диктором слово.

[1] Л. Полевой, «Радио», 1948, № 3.



В каждом литре 7000 молекул спирта

Миллиарды миллиардов электронов движутся в лампах и всех артериях приемника, оживляя его и превращая невидимые и неслышимые радиоволны в звуки музыки и человеческой речи.

Что же такое электрон?

Каждое тело состоит из множества мельчайших частиц — молекул. Их так много, что цифры, которыми выражается их количество, нам уже ничего не говорят — мы не можем себе представить такие огромные количества. Что, например, может сказать цифра 10^{25} — число молекул в одном литре спирта? Мы можем уяснить себе всю грандиозность этой цифры только путем сопоставлений. Если всю воду, которая есть на земле в морях и океанах, смешать с одним литром спирта, то в каждом литре воды, где бы мы ни зачерпнули его на земном шаре, будет 7 000 молекул спирта.

Или вот еще пример. На юге нашей страны широко раскинулось прекрасное Черное море. Берега четырех государств омывает оно, огромные пароходы бороздят его поверхность, сотни тысяч людей отдыхают на его лазурных берегах. Много ли капель воды в Черном море? На этот вопрос трудно сразу ответить. Нам трудно себе представить число капель даже в бочке воды, а тут — целое огромное море. Так вот, в капле воды столько же молекул, сколько капель в Черном море.

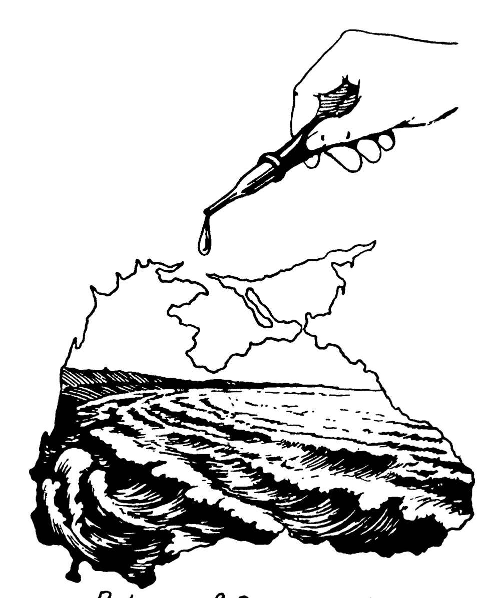
Каждая молекула состоит из атомов, например молекула воды состоит из трех атомов, а электрон — только малая частица атома. Как же он мал, этот электрон, и какое невообразимое количество электронов заключается в любом веществе?

Можно подумать, что если бы мы могли сделать какой-нибудь сверхмикроскоп и посмотрели бы через него на кусок вещества, то увидели бы огромное количество мельчайших частиц, набитых в веществе, если можно так выразиться, как «сельди в бочке». Но это не так. Если бы мы сделали такой фантастический сверхмикроскоп и направили его на кусок любого вещества, то увидели бы, что частицы вещества находятся на очень больших расстояниях друг от друга.

Чтобы лучше понять это, воспользуемся опять методом сравнений.

Возьмем булавочную головку и увеличим ее до размеров земного шара. При таком невероятном увеличении каждый атом булавочной головки будет иметь в поперечнике около метра. Но увы, в этом большом атоме мы ничего не увидим. Придется вооружиться лупой. При помощи лупы мы различим в центре атома его ядро, при таком грандиозном увеличении поперечник ядра будет около 0,1 *мм*, т. е. примерно равен толщине человеческого волоса. Ну а электрон? Его будет трудно различить даже при помощи лупы. Поперечник его еще раз в десять меньше. Толщина паутинной нити — вот что может дать представление о размерах электрона в таком «метровом» атоме.

Как видим, частицы вещества внутри атома занимают ничтожную долю его объема.



В капле воды столько молекул, сколько в Черном море капель

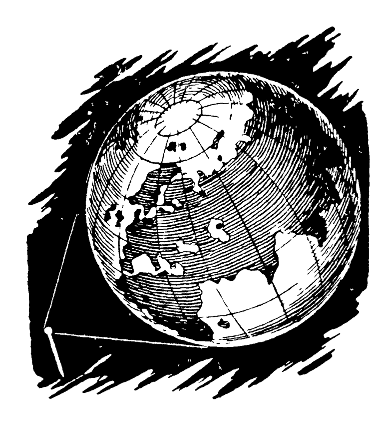
Небольшая песчинка в центре метровой модели атома и несколько еле видимых пылинок — электронов, носящихся по круговым орбитам на разных расстояниях от центрального ядра,— вот и все, из чего состоит атом.

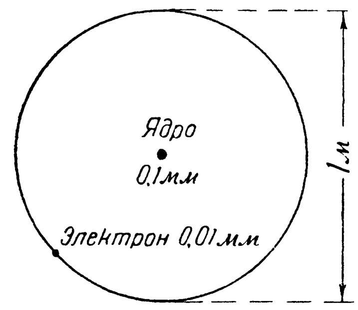
Если бы можно было один кубический метр какого-нибудь вещества спрессовать так, чтобы его частицы сдвинулись вплотную, то все они уместились бы в объеме, составляющем миллионные доли кубического миллиметра. Кубический метр превратился бы в невидимую пылинку, однако весящую столько же, сколько и весь кубометр.

Как же расположены электроны в атоме, действительные размеры которого ничтожны, — поперечник атома составляет всего одну стомиллионную долю сантиметра (10^{-8} *см*) и сколько в нем электронов?

Чтобы ответить на эти вопросы, надо прежде всего сказать о том, что представляет собой электрон. Электрон — это мельчайшая частица вещества, заряженная отрицательным электричеством. Заряд электрона составляет $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ *к* (кулона). Нужно взять $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов, чтобы получить один кулон электричества.

Количество электронов в атоме зависит от строения его ядра. Ядро атома состоит из протонов — мельчайших частиц, обладающих таким же зарядом, как и электрон, но только положительным, и нейтронов, частиц такой же массы, как и протон, но не имеющих заряда.





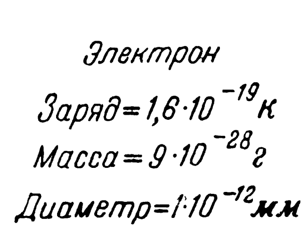
Число протонов и нейтронов в ядре атома зависит от рода вещества. Каждому химическому элементу соответствует определенное атомное ядро, причем число протонов в ядре равно числу нейтронов или несколько меньше его. Только атом самого легкого вещества — водорода — не содержит нейтронов; он состоит только из одного протона. В атоме газа гелия, например, два протона и два нейтрона, в атоме металла лития — три протона и четыре нейтрона. Ядро одного из самых тяжелых элементов — металла урана — состоит из 92 протонов и 146 нейтронов.

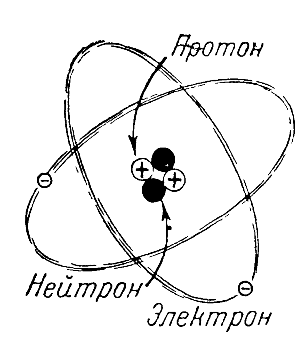
Число электронов в атоме нормально как раз такое, какое нужно, чтобы уравновесить положительный заряд ядра. Значит, число электронов, окружающих ядро, равно числу протонов в ядре. В ядре атома водорода один протон, поэтому в этом атоме имеется всего лишь один электрон. Ядро атома урана окружают 92 электрона — целый электронный рой. Каждый атом в нормальном состоянии электрически нейтрален.

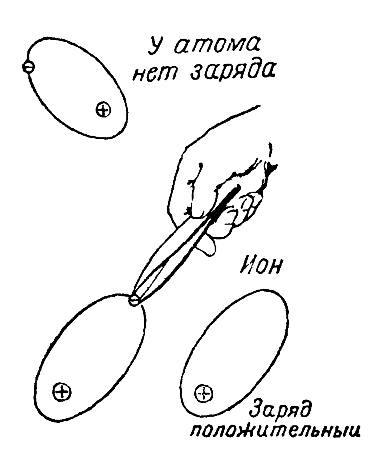
Почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Масса электрона, составляющая $9 \cdot 10^{-28}$, почти в 2 000 раз меньше массы протона или нейтрона; поэтому массой электронов можно пренебречь по сравнению с массой ядра.

Электроны кружатся вокруг ядра по орбитам, как планеты вокруг Солнца, но на данном расстоянии от ядра может кружиться только вполне определенное количество электронов. Например, на первой орбите могут находиться не более чем два электрона. Если в атоме три электрона, то третий расположится на второй, более удаленной от ядра орбите. На второй орбите могут находиться не более чем восемь электронов, на следующей орбите — не более тридцати двух.

Надо сказать, что ядро атома ни при каких химических реакциях не подвергается изменениям. Если у атома отнять все электроны, то ядро все же не изменится и сохранит свойства, присущие атому данного вещества. В ядре за счет сил связи между составляющими его ча-







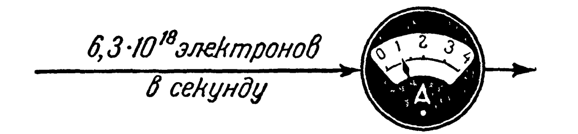
стицами заключен огромный запас энергии — той самой атомной энергии, секрет освобождения которой уже перестал быть секретом. Составить представление об этом количестве энергии можно по одной цифре — атомная энергия, заключенная в одном килограмме вещества, равна примерно 25 миллиардам киловатт-часов!

Электроны, летающие вокруг ядра, в некоторых случаях могут перепрыгивать с одной орбиты на другую и даже совсем уходить из «родного» атома. Все химические реакции происходят за счет взаимодействия наиболее удаленных от ядра электронов. За счет возмущений движения электронов внешних орбит возникают световые явления, а за счет возмущений движения электронов внутренних орбит возникают рентгеновские лучи.

Отрыв электрона от атома нарушает его электрический баланс. Лишенный одного или нескольких электронов атом становится заряженным положительно; такой атом мы называем положительным ионом. Ионизировать какое-либо вещество значит отнять от его атомов по крайней мере по одному электрону. Ионизированный атом старается при первой возможности пополнить убыль электронов, захватывая «подвернувшиеся» электроны.

В металлах имеются так называемые полусвободные, слабо связанные с атомами электроны. Поэтому металлы и являются хорошими проводниками электрического тока. Электрический ток в металлическом проводнике является не чем иным, как потоком электронов.

Единицей силы электрического тока является ампер. При токе в один ампер через поперечное сечение проводника в одну секунду протекает один кулон электричества. Как уже указывалось выше, он составляет $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов. Следовательно, при токе в один ампер через поперечное сечение проводника в одну секунду протекает $6{,}3 \cdot 10^{18}$ электронов — невообразимо громадное количество.





Но не нужно думать, что электроны текут по проводам с большой скоростью; на самом деле они движутся очень медленно. Скорость электронов в медном проводе при наибольших допустимых плотностях тока составляет всего несколько миллиметров в секунду. Но импульс, вызвавший движение электронов, проносится по проводу с колоссальной скоростью (близкой к скорости света — 300 000 *км/сек*) и заставляет притти в движение электроны на всем пути, который он успел пробежать. Скорость распространения этого импульса обычно близка к скорости света (300 000 *км/сек*); ее мы обычно и называем скоростью распространения тока.

Вот те краткие сведения об электроне, которые нужны начинающему радиолюбителю для того, чтобы сознательнее разбираться в явлениях, происходящих в приемнике. Без знакомства с электроном — этой мельчайшей частицей электричества — нельзя понять работу электронной лампы, работу многих деталей приемника и всего приемника в целом.

Как менялись представления об электричестве[1]

На каждом этапе развития науки новое открытие, углубляя наши представления о природе, в то же время открывает новые технические возможности. Электролиз дал нам аккумуляторы и металлургию многих металлов. Открытие электромагнитных взаимодействий привело к динамомашинам, электромоторам и трамваю. Обнаружение электромагнитных волн послужило началом радиотехники. Электроны создали вакуумную технику.

[1] Академик А. Ф. Иоффе, Электрический заряд, Детгиз, 1945.

Первые наши представления об электричестве, когда мы знали только заряды и совсем не обращали внимания на то, что происходит вокруг них, были очень односторонними. Когда все внимание обратилось к электромагнитным полям, забыты были все заряды. И здесь представления об электрических явлениях оказались также односторонними. Открытие электронов привело к электронной теории, которая учитывает и отдельные заряды и электрическое поле, окружающее эти заряды. Когда заряд неподвижен, он создает вокруг себя электрическое поле. Его движение создает магнитное поле. Электронная теория сочетает в себе обе стороны электрических явлений и охватывает большую совокупность известных нам фактов. Сначала думали, что в природе имеется только один вид электрических зарядов — электроны, масса которых в две тысячи раз меньше массы самого легкого атома. Многим казалось, что, открыв электрон, мы дошли до предела в природе, что электрон — самая мелкая и самая простая составная часть вещества. Это было более 40 лет назад. В то время Владимир Ильич Ленин опубликовал свое замечательное сочинение «Материализм и эмпириокритицизм» (1909 г.), в котором он высказал следующую мысль: с точки зрения диалектического материализма многообразие природы неисчерпаемо, и нельзя себе представить, что даже электрон — это предельный по простоте элемент, из которого построена вселенная. Наоборот, безграничное многообразие природы заставляет ожидать, что и электрон окажется более сложным, чем мы думаем.

Это указание Владимира Ильича Ленина, как и все заключения диалектической методологии, оправдалось всем ходом развития науки. В то время, когда В. И. Ленин писал свою книгу, нам, физикам, казалось, что мы уже узнали единственную форму электрического заряда — электрон. На самом же деле электрон оказался только началом в процессе изучения электрических зарядов.

Электроны входят в состав каждого атома. Но атомы в целом не имеют заряда. Значит, где-то должен быть и положительный заряд. Каков он? Оказалось, что в атоме размером в стомиллионную долю сантиметра имеется ядро, которое в 100 тысяч раз меньше атома. В этом центральном ядре атома сосредоточены главная масса атома и его положительный заряд. Таким образом, в атоме имеется маленький, но сравнительно тяжелый положительный заряд, а вокруг него отрицательные электроны. Число этих электронов невелико. В атоме водорода всего один электрон, у гелия — два, в атоме урана — 92 электрона и столько же положительных зарядов в ядре. Почему же электроны, притягиваясь к ядру, не падают на это ядро? Ответ был дан по аналогии со строением солнечной системы. Земля притягивается Солнцем и все-таки не падает на него, потому что вращается вокруг Солнца. Центробежная сила уравновешивает притяжение. Так же и в атоме. Электроны вращаются вокруг ядра с такой скоростью, что не падают на него.

Солнечная система состоит из тяжелого Солнца, вокруг которого вращается система планет. Подобно этому и в атоме имеется тяжелое положительно заряженное ядро, а вокруг него вращаются электроны. Однако аналогия между атомом и солнечной системой не объяснила, почему во всех атомах данного вещества электроны вращаются одинаково, по одинаковым орбитам. Ответ на этот вопрос вытекал из совершенно новых представлений, которые в физике XIX века не имели основания и были ей чужды.

Изучение явлений, происходящих в атоме, открыло новые свойства вещества. Оказалось, что, кроме тех законов, которые нам были известны благодаря изучению больших тел, в таких ничтожных частицах, как атом, проявляются новые, т. е. не известные нам ранее законы природы. Диалектический материализм позволяет предвидеть, что в мире явлений, измеряемых миллионными долями сантиметра, могут обнаружиться свойства, о которых мы не подозревали, пока они были недоступны для нашего опыта, который служит основой всех наших знаний и идей. Новая теория получила название квантовой. Квантовая теория ввела ряд новых представлений, которые в дальнейшем вылились в волновую механику.

В отличие от законов движения планет, а также от законов механики и электродинамики, построенных на изучении движения больших тел в лабораториях и на заводах, квантовая теория допускает в пределах атома только строго определенные виды движения электронов, которые мы называем квантовыми состояниями.

В то время как законы электродинамики приводят к заключению, что заряд, движущийся по замкнутой искривленной орбите, излучает электромагнитные волны и поэтому постепенно теряет запас своей кинетической энергии, квантовая теория утверждает, что, находясь в квантовом состоянии движения, электрон не теряет энергии и не излучает ее.

Волновая механика идет еще дальше, изменяет наши представления о движении тел, сочетая их с законами распространения волн. Все положения волновой механики полностью подтверждены многочисленными опытами.

Даже величайшие умы считали эти противоречия безвыходными, подрывающими основы научного знания.

Между тем для диалектически мыслящего физика новые законы представляются совершенно естественными в новой области явлений. Ничего удивительного нет в том, что, проникая в недоступные нам раньше атомные процессы, мы встретили и незнакомые законы этих процессов. Никакого противоречия между старыми и новыми законами нет.

Действительно, своеобразие квантовых законов относится к столь малым величинам, что при применении их к привычным большим телам мы никаких отступлений от установленных ранее законов не заметим.

Поэтому дело обстоит не так, что в атоме действуют одни законы, а в большом теле другие, им противоречащие. Квантовые законы в применении к атомам и электронам открывают совершенно новые их свойства, но в применении к обычным телам приводят к ранее установленным и проверенным законам. Нельзя только распространять законы, выведенные из изучения больших тел, на отдельный атом или на взаимодействие отдельных атомов, пока мы не изучили их на опыте.

Законы физики XIX века оказались приближенным выражением квантовых законов, прекрасно оправдывающихся в применении к крупным объектам, но непригодных для исследования атомных процессов.

Квантовые законы углубляют законы механики и электродинамики, распространяя их и на атомный мир, а не отвергают их.

Уже в самом начале изучения квантовых свойств атома каждую квантовую орбиту электрона в атоме характеризовали тремя величинами: во-первых, размерами, от которых зависит в основном энергия электрона, во-вторых, формой (большей или меньшей вытянутостью эллипса, по которому вращается электрон) и, в-третьих, углом наклона плоскости орбиты к оси атома. Казалось, эти три величины полностью определяют движение электрона по своей орбите. Действительно, пространство имеет три измерения: длину, ширину и высоту. Если мы знаем расстояние точки по этим трем направлениям от заданной другой точки, то можем точно указать, где она находится. Вместо расстояния по длине, ширине и высоте мы можем выбрать другие три независимых друг от друга значения, но всегда только три.

А между тем опыт показал, что для определения движения электрона по квантовой орбите нужны четыре величины. Движения, имеющие одинаковые размеры, форму и наклон орбиты, отличаются еще чем-то четвертым. Это было непонятно.

Первая догадка была высказана применительно к вращению земли вокруг солнца. Земля вращается по определенной орбите, но, кроме того, она вращается и вокруг собственной оси. Может быть, и электрон вращается вокруг собственной оси. В действительности так и оказалось. Но если заряд вращается вокруг своей оси, то такой вращающийся заряд представляет собой круговой электрический ток, а электрический ток всегда создает магнитное поле. Если электрон вращается вокруг собственной оси, то он должен обладать и магнитными свойствами. Вращающийся электрический заряд — это магнит, в котором есть северный и южный полюсы.

Рядом опытов было доказано, что вращение электронов вокруг собственной оси действительно существует. Электрон оказался не таким простым. Это — не только заряд, но и магнит, и в нем имеется вращательный момент, называемый «спином», что по-английски значит веретено, которое, как и электрон, обычно очень быстро вращается.

Несколько позже было установлено, что могут существовать не только отрицательные электроны, но и положительные заряды с такой же массой, как у электрона. Эти заряды были названы позитронами. Позитрон — положительный электрон.

Для того чтобы получить позитрон, нужно было только располагать очень высоким напряжением электроэнергии. Для того чтобы разделить электрон и позитрон, нужно затратить такую энергию, которую электрон может накопить, пройдя разность потенциалов в один миллион вольт. Мы называем такую энергию миллионом электроновольт. Только тогда, когда научились создавать генераторы, дающие до одного миллиона вольт, оказалось возможным создавать позитроны искусственно. Впервые же их заметил в природных космических лучах академик Д. В. Скобельцын.

Таким образом, в природе имеются отрицательные электроны, но, кроме того, с затратой большой энергии создаются и положительные электроны. Других зарядов физики в то время не знали. Сложилось такое представление: атом состоит из положительного ядра и отрицательно заряженных электронов, которые движутся вокруг него. Легко было бы притти к выводу, что в конечном счете каждый атом состоит только из электрических зарядов, а так как все тела состоят из атомов, то весь мир состоит только из электрических зарядов и все объясняется электрическими силами и взаимодействием между ними.

Но если согласиться с таким выводом, то получится, что почти все пространство, занимаемое телом, в сущности пустое. Ведь размер атомного ядра и электрона в 100 тысяч раз меньше, чем размер самого атома. Стало быть, ядро представляет собой маленькую частичку, вокруг которой движутся несколько таких же маленьких электронов. Если бы этот атом увеличить до размера большого зала, то мы увидели бы в центре маленькую пылинку и еще несколько таких же вращающихся пылинок. Все в природе построено из таких атомов и везде, значит, такая же пустота — и в столах и в стенах. Мы ощущаем тела как плотные массы, не позволяющие пройти нашему пальцу насквозь, только благодаря электрическим силам, а самим веществом занят ничтожный объем — примерно одна миллионная часть одной миллиардной всего объема, занимаемого телом. Но эта поразительная картина оказалась в дальнейшем не совсем верной и не только потому, что волновые свойства частиц не позволяют считать их сосредоточенными в объеме маленького шарика.

Сначала интересовались только электронами, потом открыли ядро, а об ядре знали только, что это — положительный заряд. За последние двадцать лет в центре интересов физиков стояло само атомное ядро. Самое простое и легкое ядро — это положительно заряженное ядро водорода, которое назвали протоном. Масса протона ($1{,}6 \cdot 10^{-24}$ грамма) в 1 800 раз больше массы электрона ($0{,}9 \cdot 10^{-27}$ грамма), а заряд протона ($+4{,}8 \cdot 10^{-10}$ абсолютной единицы) равен по величине и противоположен по знаку заряду электрона ($-4{,}8 \cdot 10^{-10}$ единицы). Можно было предположить, что во всех ядрах существуют только протоны и электроны. В дальнейшем выяснилось, что это неверно. По квантовой теории в ядре не могут находиться такие легкие частички, как электрон. А между тем радиоактивные ядра выбрасывают быстрые электроны, так называемые бета-лучи. Существовали и другие противоречия. Мы знаем, например, что в ядре водорода один протон. Следующий элемент — гелий. Атомный вес гелия по отношению к водороду 4, а заряд ядра всего в два раза больше, чем заряд ядра водорода. Можно было объяснить это предположением, что в ядре гелия четыре положительных протона и два отрицательных электрона. Но отрицательных электронов в ядре быть не может. Это была загадка, перед которой мы некоторое время стояли совершенно беспомощными.

Решение этой загадки дали новые факты, открытые французскими физиками Фредериком Жолио и Ирен Кюри (дочерью Мари Кюри, открывшей радий). Они нашли новый вид лучей, состав которых вскоре был выяснен английским физиком Чадвиком. Это — частицы, которые пролетают громадные пространства, мало задерживаясь в пути, и не обладают ни положительным, ни отрицательным зарядом. Но масса их такая же, как масса протона. Они названы были нейтронами. Протон имеет положительный заряд, электрон — отрицательный, а нейтрон не имеет никакого заряда. Оказывается, существуют частицы с массой протона, как заряженные, так и незаряженные. Незаряженный протон — это нейтрон. Ядро гелия построено из двух протонов и двух нейтронов. Углерод имеет шесть зарядов, атомный вес его 12. Значит, ядро углерода построено из шести протонов и шести нейтронов. Ядро азота состоит из семи протонов и семи нейтронов. В различных веществах примерно равное количество протонов и нейтронов, соединенных вместе, и образует ядро. Такое объяснение было впервые предложено профессором Д. Д. Иваненко. Протоны друг от друга отталкиваются, но они не разлетаются во все стороны. Значит, их сдерживают какие-то силы неэлектрического происхождения, вызванные нейтронами. Таким образом, чисто электрическая картина мира оказалась нарушенной. Повидимому, внутриядерные силы нельзя считать обычными электрическими взаимодействиями.

Радиоактивные вещества непрерывно испускают различные частицы, в частности альфа-лучи (это ядра гелия) и бета-лучи (электроны).

При изучении энергии этих лучей обнаружилось новое противоречие. С одной стороны, можно измерить, сколько энергии теряет атом, испуская электрон. С другой стороны, можно измерить энергию, уносимую электроном. При этом выяснилось, что электроны уносят только часть энергии, потерянной атомом, а остальная часть пропадает бесследно. Электрон представляет собой не только движущийся заряд, но и спин — частицу, имеющую вращательный момент. И в этом пункте баланс не сходится, ибо электрон уносит один вращательный момент, а ядро теряет момент, вдвое больший. Нашлись такие скорые на заключения физики, которые решили: если баланс энергии и вращательного момента не сходится, значит, неверны самые законы сохранения энергии и вращательного момента. Между тем закон сохранения энергии — это основа наших знаний о природе.

Другие физики предположили, что из ядра вылетает не только электрон, а еще что-то, уносящее другую часть энергии и момента. Что же это такое?

Если бы это «что-то» обладало электрическим зарядом, то его сразу бы заметили. Если оно не обнаруживается, то, очевидно, что это —

нейтральная частичка. Если бы это был сравнительно тяжелый нейтрон, то, сталкиваясь с ядрами атомов, он выбивал бы из них другие нейтроны и протоны, которые можно было бы обнаружить, но ни того ни другого явления не удается наблюдать. Значит, эта частичка, во-первых, не заряжена и, во-вторых, она гораздо легче нейтрона.

Следовало допустить испускание таких маленьких нейтронов (по-русски мы сказали бы нейтрончик, а по-итальянски — нейтрино). Такова была гипотеза, но нужно было еще установить, существуют ли на самом деле нейтрино. Путь для решения этого вопроса предложил сначала физик А. И. Лейпунский, а потом академик А. И. Алиханов поставил решающий опыт.

Нейтрино стал реальностью. Так была обнаружена еще одна частица — нейтрино.

Но этим дело опять-таки не ограничилось. В ядре урана 92 положительные частицы, которые отталкиваются друг от друга. Кроме того, в этом же ядре имеется значительное количество нейтронов. Значит, есть какие-то связывающие их не электрические, а ядерные силы. Чтобы объяснить происхождение этих сил, надо было предположить, что существуют еще особые частицы, значительно более тяжелые, чем электроны, но более легкие, чем протоны. Эти частицы должны быть примерно в 150 раз тяжелее, чем электрон, но все-таки в 12 раз легче, чем протон, — таковы эти новые частицы среднего веса, средней массы. Они получили название мезонов (частиц среднего веса). Мезон легче протона, но тяжелее электрона, причем мезоны могут быть как положительными, так и отрицательными.

Такие частицы затем были действительно найдены в космических лучах. Энергии, которые мы наблюдаем среди частиц космических лучей, колоссальной величины. Обычно энергии этих частиц измеряются сотнями миллионов электроновольт, а есть частицы и в несколько миллиардов электроновольт. Затем были обнаружены, а теперь уже тщательно изучены потоки частиц, которые обладают еще большей энергией.

Советские физики А. И. Алиханов и А. И. Алиханян установили, что существуют несколько видов мезонов с разными массами и частицы с энергиями, выражающимися семнадцатизначным числом электроновольт.

В космических лучах впервые наблюдали позитроны, а затем и мезоны, заряженные и положительно и отрицательно, а также незаряженные мезоны.

Какие же частицы мы знаем теперь в природе? Это — протон и нейтрон, положительные, отрицательные и нейтральные мезоны (разных масс и энергий), электрон, позитрон и нейтрино. Целый набор частиц, как заряженных, так и нейтральных.

Теперь вы видите, как предвидение В. И. Ленина, что электрон не может быть единственной простейшей частицей, из которой построена вселенная, оправдалось полностью. Электрон, оказывается, обладает не только зарядом, но и, кроме того, еще вращается вокруг своей оси и обладает магнитным моментом. Новые заряженные частички — мезоны живут недолго, всего лишь от двух миллионных до миллиардных долей секунды. Затем они распадаются, и тогда получается новый мезон, электрон, позитрон и нейтрино. Таким образом, могут существовать заряды более легкие или тяжелые, которые, отдавая избыток энергии, превращаются в обычный электрон. Ясно, что и здесь мы еще далеко не дошли до предела наших знаний, что современные представления еще далеко не отражают реальной природы во всем ее многообразии и цельности.

Весь путь, по которому шла наука, — это путь, на котором ученые находили все новые и новые факты, и они привели нас к теориям, все лучше и все полнее отражающим свойства реального мира. Каждый успех в познании явлений природы дает нам и новые средства технического прогресса. В частности, открытие квантовых свойств электрона привело к электронному микроскопу, к новым завоеваниям в технике радиосвязи и телевидения. Мы не можем достигнуть полного знания реального мира, который нас окружает, но все больше и больше к этому приближаемся.

Вы могли также видеть из моего изложения, что новые знания не отвергают старых, а только дополняют и поднимают их на более высокий уровень. Сначала мы узнаем одну сторону явлений, потом другую, а затем наступает, наконец, момент, когда удается объединить обе противоположные стороны в одну общую картину, и это сразу подымает на новую ступень наши знания и открывает гораздо более широкую перспективу.

В этом ходе развития наших знаний и связанном с ним развитии техники электрические явления играют все более и более важную роль. Если XIX век можно было назвать веком пара, веком тепловых машин, то конец XIX и XX — это в первую очередь век электричества. Электрические явления во всем их разнообразии дали нам наиболее глубокое познание природы и наиболее тонкое умение управлять природой на пользу человечества.

Введение в электротехнику[1]

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ВЕЛИЧИНА ТОКА. *Электрический ток в твердых проводниках представляет собой упорядоченное движение электронов вдоль проводника.*

Электроны всегда движутся от того места, где они находятся в избытке, т. е. от минуса, туда, где имеется недостаток их, т. е. к плюсу. Однако в электротехнике принято считать, что *ток идет от плюса к минусу.* Такое направление тока было установлено совершенно условно еще до открытия электронов. Переход к истинному направлению движения электронов представляет значительные трудности, так как для этого необходимо переделать все книги, учебники и учебные пособия по электрорадиотехнике.

Надо отметить, что скорость перемещения электронов в проводнике весьма незначительна и измеряется всего лишь долями сантиметра или миллиметра в секунду. Зато скорость распространения тока в проводе очень велика и достигает скорости света, т. е. 300 000 *км/сек.* Если на одном конце провода возникает ток, то этот процесс передается настолько быстро, почти мгновенно, что на другом конце провода ток пойдет практически в тот же момент. А сами электроны движутся очень медленно, испытывая все время столкновения и трение с частицами провода. Поэтому те электроны, которые пришли в движение у начала провода, очень не скоро дойдут до его конца.

Ток в проводе напоминает движение воды в длинной трубке, наполненной водой, на одном конце которой находится насос. Если накачивать в трубку воду насосом, то давление очень быстро передается вдоль трубки от одних частиц воды к другим и из открытого конца трубки потечет вода. Однако вода, добавленная насосом, будет двигаться гораздо медленнее и дойдет до конца трубки через значительный промежуток времени.

Чем больше электронов проходит в одну секунду через поперечное сечение провода, тем больше будет ток. Условно ток обозначают буквой I или i и измеряют в особых единицах —*амперах.* Если ток равен одному амперу, то это значит, что в одну секунду через поперечное сечение провода проходит вполне определенное количество электронов, выражающееся огромным числом, состоящим из шестерки, тройки и семнадцати нулей!.. Некоторое представление об этом числе дает следующий пример. Если все эти электроны будут проходить не сразу, а по одному миллиону в секунду, то потребуется двести тысяч лет, чтобы все они прошли.

В обычных осветительных лампочках ток составляет несколько десятых долей ампера. В электронагревательных приборах он равен нескольким амперам, а в проводах мощных электрических линий может быть равен тысячам ампер и больше. Однако во многих случаях, особенно в радиоаппаратуре, ток бывает гораздо меньше одного ампера. Поэтому весьма часто применяют более мелкие единицы измерения тока — миллиампер, равный одной тысячной доле ампера, и микроампер, равный одной миллионной доле ампера. Сокращенно ампер обозначают буквой *а*, миллиампер — буквами *ма* и микроампер — буквами *мка.*

НАПРЯЖЕНИЕ И ЕГО ЕДИНИЦЫ. Второй основной величиной, характеризующей электрические явления, служит *напряжение*, обозначаемое буквой U или u. Для того чтобы в каком-либо проводнике возник электрический ток, т. е. чтобы электроны пришли в движение вдоль проводника, необходимо иметь на концах этого проводника различные электрические состояния или, как принято говорить, *различные электрические потенциалы.* На одном конце должен быть избыток электронов, а на другом — недостаток их. Напряжение характеризует именно эту разницу в электрических состояниях, т. е. разность потенциалов на концах проводника. Можно сказать, что напряжение является причиной возникновения электрического тока. Ток будет протекать в проводе тогда, когда есть напряжение.

Подобно этому газ или жидкость передвигается всегда из места с более высоким давлением в место с более низким давлением, т. е. только в случае наличия разницы в давлениях. Теплота переходит от одного тела к другому только в случае, если эти тела имеют разную температуру.

Единицей для измерения напряжения служит *вольт*, обозначаемый сокращенно буквой *в*. Кроме того, применяются более мелкие единицы: милливольт (*мв*), т. е. тысячная доля вольта, и микровольт (*мкв*), или миллионная доля вольта, а также более крупная единица киловольт (*кв*), равная 1 000 *в.*

В осветительной электросети напряжение составляет 127 или 220 *в*, а в электрических линиях высокого напряжения, идущих от электростанций, напряжение достигает сотен киловольт. Зато в антенне радиоприемника под действием радиоволн, приходящих от какой-либо далекой радиостанции, создается напряжение, измеряемое всего лишь несколькими микровольтами.

[1] И. П. Жеребцов, Элементарная электротехника, Связьиздат, 1950.

3*

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. Различные вещества неодинаково проводят электрический ток и поэтому разделяются на проводники и диэлектрики (изоляторы). Влияние самого проводника на величину тока учитывается с помощью *электрического сопротивления*, зависящего от размеров проводника и его материала.

Сущность сопротивления заключается в том, что электроны при своем движении сталкиваются с частицами самого проводника и нагревают его.

Чем длиннее и чем тоньше провод, тем больше его сопротивление.

Из различных материалов наименьшим сопротивлением обладают серебро и медь. Несколько больше сопротивление у алюминия и еще больше у стали. В некоторых случаях бывает необходимо создать большое сопротивление для тока. Тогда используются провода из специальных сплавов высокого сопротивления, к которым относятся никелин, константан, манганин, нихром и др. Еще большие сопротивления делаются из угля. Нихром и некоторые другие сплавы обладают большой теплостойкостью, т. е. могут долго выдерживать высокую температуру, и поэтому применяются для электронагревательных приборов.

Для измерения сопротивлений служат единицы: *ом*, *килоом*, равный тысяче ом, и *мегом*, равный миллиону ом. Эти единицы имеют сокращенные обозначения: *ом*, *ком* и *мгом*.

МОЩНОСТЬ И РАБОТА ТОКА. Электрический ток может производить работу, т. е. энергия тока может превращаться в какую-либо другую энергию, например в тепловую, световую, механическую. В электрорадиотехнике принято оценивать работоспособность тока по величине его мощности, которая обозначается буквой P.

Мощность — это работа, совершаемая в одну секунду. Иначе можно сказать, что мощность есть расход электрической энергии в одну секунду.

Единицей измерения мощности является *ватт*, сокращенно обозначаемый буквами *вт*.

Мощность тока, равная одному ватту, есть мощность тока в один ампер при напряжении в один вольт.

Чем больше напряжение и чем больше ток, тем больше мощность. Поэтому для расчета величины мощности тока нужно умножить напряжение в вольтах на ток в амперах. Иначе говоря, ватты равны вольтам, умноженным на амперы:

$$P = U \cdot I.$$

Например, если при напряжении 120 *в* через некоторое сопротивление проходит ток 3 *а*, то мощность тока в этом сопротивлении будет составлять 360 *вт*.

Часто бывает необходимо подсчитать мощность тока, когда не известны ток или напряжение, но известно сопротивление. Тогда нужно сначала определить по величине сопротивления ток или напряжение с помощью закона Ома, а затем уже рассчитывать мощность. Заменяя в основной формуле мощности ток или напряжение по формуле Ома, можно получить еще две удобные формулы для расчета мощности:

$$P = I^2 \cdot R, \text{ или } P = \frac{U^2}{R}.$$

Эти две формулы очень часто применяются для практических расчетов. Смысл их понять нетрудно.

Действительно, если, например, ток увеличился в два раза, то ясно, что это может получиться только благодаря повышению напряжения в два раза. Но, если в два раза увеличились и напряжение и ток, то мощность возрастет в четыре раза, т. е. в квадрате по сравнению с увеличением тока.

При увеличении сопротивления для сохранения неизменной величины тока необходимо соответствующее увеличение напряжения. Во столько же раз возрастет и мощность, так как в этом случае увеличивается лишь одно напряжение, а ток остается постоянным.

Если напряжение, действующее на некоторое постоянное сопротивление, увеличить в несколько раз, то во столько же раз возрастет и ток. Значит, мощность возрастет в квадрате, так как напряжение и ток увеличились в одинаковое число раз. Но если при неизменном напряжении увеличить сопротивление, то соответственно уменьшится ток, а следовательно, и мощность также уменьшится. Поэтому во второй формуле сопротивление стоит в знаменателе.

Рассмотренные две формулы для расчета мощности как будто бы противоречат друг другу: по одной из них мощность при увеличении сопротивления увеличивается, а по другой — уменьшается. Но это противоречие только кажущееся, так как первый случай соответствует постоянному току, а второй — постоянному напряжению.

Для иллюстрации приводим следующие примеры. Пусть требуется найти мощность тока в 0,2 *а*, протекающего через сопротивление в 1 000 *ом*. Решение можно сделать двумя способами.

Найдем напряжение по закону Ома. Оно равно

$$U = 0{,}2 \cdot 1\,000 = 200 \text{ в}.$$

Теперь определим мощность:

$$P = 200 \cdot 0{,}2 = 40 \text{ вт}.$$

То же можно получить по формуле

$$P = 0{,}2^2 \cdot 1000 = 0{,}2 \cdot 0{,}2 \cdot 1\,000 = 40 \text{ вт}.$$

Рассмотрим еще пример на определение мощности тока в лампочке, имеющей сопротивление 200 *ом*, которая питается напряжением в 100 *в*.

Проще всего применить формулу

$$P = \frac{100^2}{200} = 50 \text{ вт}.$$

Но можно сначала найти ток

$$I = \frac{100}{200} = 0{,}5 \text{ а},$$

а затем уже найти мощность по основной формуле

$$P = 100 \cdot 0{,}5 = 50 \text{ вт}.$$

Иногда необходимо проделать обратный расчет, а именно: зная мощность, найти ток или напряжение.

Например, пусть нужно определить ток в лампочке, имеющей мощность 300 *вт* при напряжении 120 *в*.

Так как мощность есть произведение напряжения на ток, то ясно, что для нахождения тока надо мощность разделить на напряжение:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{300}{120} = 2{,}5 \text{ а}.$$

Кроме основной единицы мощности ватта, часто применяются еще следующие единицы: киловатт (*квт*), гектоватт (*гвт*), милливатт (*мвт*) и микроватт (*мквт*), соответственно равные 1 000 *вт*, 100 *вт*, 0,001 *вт* и 0,000001 *вт*.

Работа электрического тока или расход электрической энергии измеряется единицами, в которых за основу взяты единицы мощности и вместе с тем учитывается время прохождения тока. Мощность есть работа за одну секунду, а величина работы тока может соответствовать любому промежутку времени, в течение которого шел ток. Чем больше времени идет ток, тем больше величина работы.

Основной единицей работы тока является ватт-секунда (*втсек*), т. е. работа тока мощностью 1 *вт* в течение 1 сек. Эта единица слишком мала, так как обычно ток идет не одну секунду, а продолжительное время. Более крупной единицей служит ватт-час (*втч*), равный работе тока мощностью в 1 *вт* в течение 1 часа. Час имеет 60 мин. по 60 сек., т. е. всего 3 600 сек. Поэтому 1 *втч* составляет 3 600 *втсек*.

Особенно широко применяются еще более крупные единицы: гектоватт-час (*гвтч*) и киловатт-час (*квтч*). Один гектоватт-час составляет 100 *втч*, а киловатт-час в 10 раз больше и равен 1 000 *втч*.

ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ И ИХ СВОЙСТВА. Уже давно было установлено, что некоторые сорта железной руды обладают способностью притягивать к себе стальные предметы. Это явление было названо *магнетизмом*, а куски железной руды, обладающие магнитными свойствами, называли магнитами. Если натереть таким естественным магнитом кусок закаленной стали, то последний сам становится магнитом. На практике применяют именно такие стальные или *искусственные магниты*. В настоящее время сильные магниты делают путем намагничивания закаленной стали электрическим током.

Вещества, притягивающиеся к магниту, называются *ферромагнитными*. К ним относятся сталь, никель, а также многие сплавы. Закаленная сталь сохраняет долго свои магнитные свойства и поэтому может служить *постоянным магнитом*. Мягкая сталь после прекращения намагничивания почти полностью теряет магнитные свойства и у нее остается лишь небольшой *остаточный магнетизм*.

Рассмотрим основные свойства постоянных магнитов.

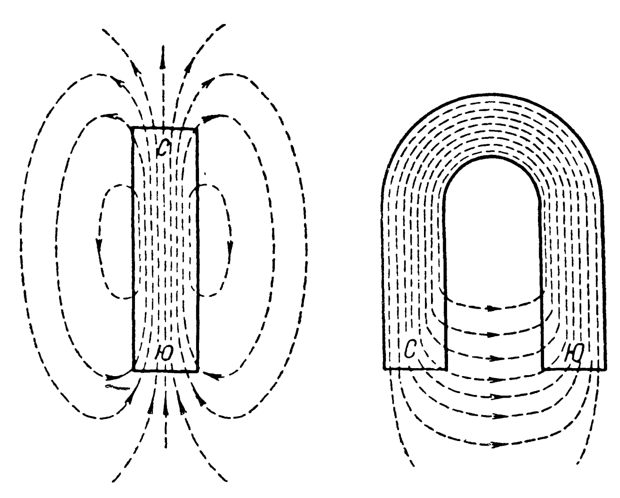
Каждый магнит притягивает ферромагнитные предметы наиболее сильно на своих концах, называемых полюсами. Магнит, подвешенный на нитке или укрепленный на вертикальной оси, всегда стремится одним своим полюсом повернуться на север. Этот полюс магнита называют *северным полюсом* и обозначают большой буквой С. Второй полюс называется *южным* и обозначается буквой Ю.

Взаимодействие магнитов друг с другом происходит так, что одинаковые полюсы, т. е. северный с северным или южный с южным, *отталкиваются*, а различные полюсы, т. е. южный с северным, *притягиваются*.

Северный и южный магнитные полюсы всегда получаются одновременно на концах каждого магнита. Отдельно получить один из магнитных полюсов невозможно.

Материальная среда вокруг магнита, в которой действуют магнитные силы, называется *магнитным полем*. Магнит притягивает к себе ферромагнитные предметы не только через воздух, но и через многие другие вещества, как, например, через стекло, картон, медь, воду и т. д., а также через разреженное безвоздушное пространство. Таким образом, магнитное поле образуется вокруг магнита в любых веществах и представляет собой особую форму материи. По мере удаления от магнита поле постепенно ослабевает.

Магнитные силы действуют в магнитном поле по определенным направлениям, которые называются *магнитными силовыми линиями*.



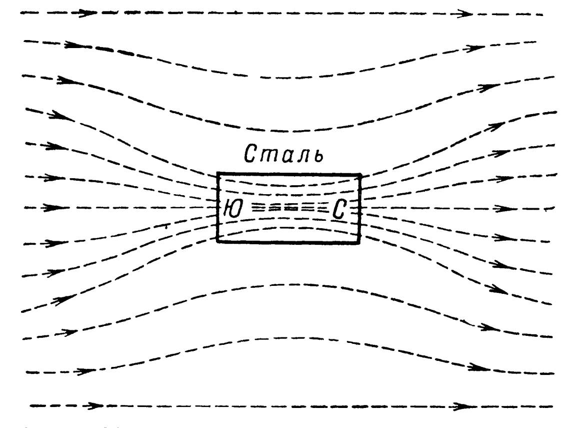
Фиг. 1. Магнитное поле прямого и подковообразного магнитов.

Условились считать, что магнитные силовые линии во внешнем пространстве идут от *северного полюса к южному*. Они являются замкнутыми линиями и продолжаются внутри магнита.

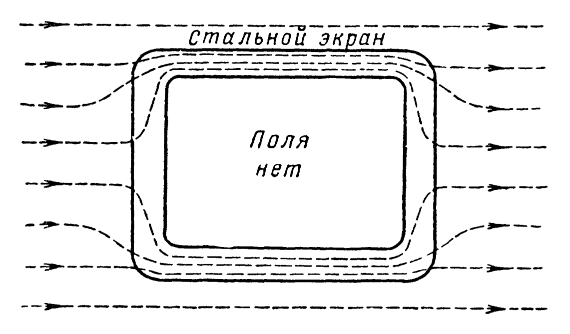
На фиг. 1 показаны силовые линии магнитного поля для прямого и подковообразного магнитов. Все силовые линии данного магнита составляют его *полный магнитный поток*.

Если в магнитное поле поместить какой-либо предмет из стали или другого ферромагнитного материала, то он под действием поля сам намагничивается. При этом силовые линии поля как бы пронизывают этот предмет (фиг. 2). Сталь как бы втягивает в себя магнитные силовые линии и поэтому может служить для защиты от действия магнитного поля, т. е. может быть *магнитным экраном*.

Когда нужно защитить какой-либо прибор от внешнего магнитного поля, то этот прибор следует окружить со всех сторон экраном из



Фиг. 2. Намагничивание стали в магнитном поле.



Фиг. 3. Магнитное экранирование.

мягкой стали. Тогда магнитный поток пройдет по экрану и не попадет в пространство внутри экрана (фиг. 3).

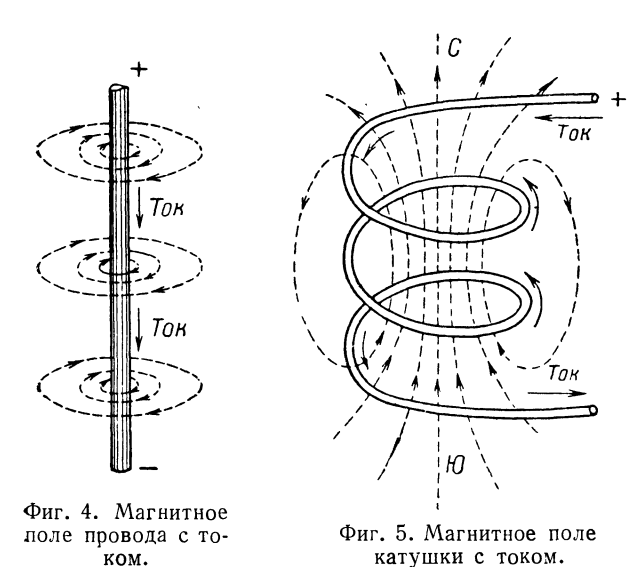
По современным воззрениям молекулы ферромагнитных материалов представляют собой микроскопические магнитики. В ненамагниченном предмете они расположены в беспорядке, но под действием магнитного поля многие из них поворачиваются своими северными полюсами в одну сторону, а южными полюсами — в другую. Поэтому на концах предмета образуются полюсы. Молекулярные магнитики, повернувшись и «выстроившись» в определенном порядке, в закаленной стали остаются в таком положении после прекращения действия намагничивающего поля, а в мягкой стали почти все они снова принимают прежнее беспорядочное расположение и магнетизм почти полностью исчезает.

Постоянные магниты размагничиваются от ударов и толчков, а также от нагревания, так как от этого нарушается правильный порядок расположения элементарных магнитиков.

Всякий ферромагнитный предмет можно намагнитить лишь до некоторого предела, называемого *магнитным насыщением*, после чего дальнейшее усиление магнитного поля уже не будет вызывать заметного увеличения магнетизма. Это означает, что уже все молекулярные магнитики повернулись и стали в строгом порядке вдоль силовых линий поля. При более слабом намагничивании часть магнитиков остается в беспорядке.

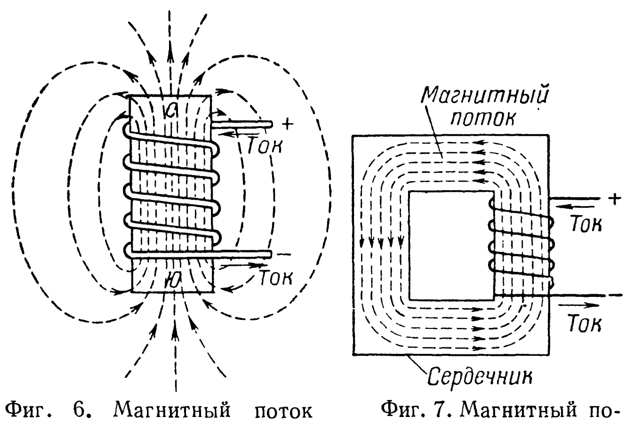
Для изготовления очень сильных постоянных магнитов в последнее время применяют особые сорта стали, содержащие примеси других металлов, например алюминиево-никелевую сталь и другие.

ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ. Еще в прошлом веке было установлено, что вокруг провода с электрическим током образуется магнитное поле, причем его силовые линии имеют вид колец, охватывающих прово-



Фиг. 4. Магнитное поле провода с током.

Фиг. 5. Магнитное поле катушки с током.



Фиг. 6. Магнитный поток катушки с прямым сердечником.

Фиг. 7. Магнитный поток в замкнутом сердечнике.

да (фиг. 4). Чем сильнее ток, тем сильнее магнитное поле вокруг провода.

Чтобы получить с помощью электрического тока более сильное магнитное поле, применяют катушки из проволоки. Тогда магнитные поля отдельных витков катушки складываются и их силовые линии как бы сливаются в один общий магнитный поток. Магнитное поле катушки очень напоминает поле постоянного магнита. На конце катушки, на котором ток идет по часовой стрелке, получается южный полюс, а на другом конце — северный полюс (фиг. 5). Изменив направление тока, можно изменить направление магнитного потока, и тогда магнитные полюсы на концах катушки переменятся.

Магнитный поток катушки усиливается во много раз, если в катушку вставить стальной сердечник. Это объясняется тем, что сталь под действием поля намагничивается и создает добавочный магнитный поток, более сильный, чем поле самой катушки (фиг. 6).

Катушка со стальным сердечником называется *электромагнитом*. Чем больше число витков катушки электромагнита и ток в ней, тем больше магнитный поток и тем сильнее электромагнит. Принято говорить, что магнитный поток в электромагните тем сильнее, чем больше число *ампервитков*, т. е. произведение тока в амперах на число витков. Например, один и тот же магнитный поток можно получить, если взять катушку в 50 витков с током в 10 *а* или если ток в 1 *а* пропустить через катушку в 500 витков. В обоих случаях электромагнит имеет 500 ампервитков.

Магнитный поток в электромагните зависит также от конструкции сердечника. Для увеличения магнитного потока нужно, чтобы силовые линии по возможности не шли по воздуху, так как воздух имеет большое *магнитное сопротивление* для силовых линий. Наиболее сильный магнитный поток получится в замкнутом сердечнике (фиг. 7). В нем силовые линии на всем своем пути идут по стали, у которой магнитное сопротивление во много раз меньше, чем у воздуха.

Даже небольшой воздушный зазор в таком замкнутом сердечнике, резко увеличивает магнитное сопротивление и уменьшает магнитный поток. Нельзя также брать сердечник с недостаточной площадью поперечного сечения, так как тогда может наступить магнитное насыщение и при дальнейшем увеличении ампервитков магнитный поток уже не будет усиливаться.

Важную роль играет материал сердечника. Сердечник из закаленной стали намагничивается гораздо слабее, чем сердечник из мягкой стали, но зато после включения тока он остается намагниченным. Таким способом теперь изготовляют постоянные магниты.

Мягкая сталь, а также некоторые ферромагнитные сплавы имеют наименьшее магнитное сопротивление для силовых линий и в них получается наиболее сильный магнитный поток. Но зато они обладают весьма малым остаточным магнетизмом и при выключении тока почти полностью размагничиваются. Сердечники электромагнитов делаются именно из таких материалов и поэтому электромагниты являются временными магнитами: они действуют только в течение того времени, пока идет ток в обмотке. Во многих случаях это свойство электромагнитов является весьма ценным.

Проводники и изоляторы[1]

Разнообразны материалы, применяемые в электротехнике. Некоторые элементы периодической системы Менделеева используются в электротехнике в чистом виде. Другие входят в различные химические соединения, важные для электротехники. Трудно назвать материал, который бы не относился к «строительным материалам электротехники».

Какие же основные электротехнические величины характеризуют все эти материалы? Их три: эпсилон, мю и сигма.

ЭПСИЛОН. В пространстве вокруг электрических зарядов существуют электрические силы. Эти силы ослабевают, если разреженный газ заменить каким-либо твердым или жидким веществом. *Диэлектрическая проницаемость,* обозначаемая греческой буквой «эпсилон» (ε) показывает, во сколько раз уменьшается величина электрических сил, когда электрический заряд, находившийся до того в газе, окружают интересующим нас веществом.

Для большинства электроизоляционных материалов, применяемых в электротехнике, величина диэлектрической проницаемости равна нескольким единицам. У парафина $\varepsilon = 2$. Фарфоровые массы имеют $\varepsilon = 6$. В этих же пределах находится диэлектрическая проницаемость слюды, эбонита, трансформаторного масла.

Для накопления электрической энергии в конденсаторах применяют часто материалы с более высокими значениями ε. Например, керамические массы, содержащие двуокись титана, имеют $\varepsilon = 60$.

Диэлектрическая проницаемость зависит еще от агрегатного состояния вещества. Лед имеет $\varepsilon = 3{,}1$, а вода $\varepsilon = 81$. Но вообще дело с водой обстоит не так просто, о ней еще будет речь в дальнейшем.

Существуют вещества и со значительно большей диэлектрической проницаемостью, такова, например, сегнетова соль, имеющая ε порядка нескольких тысяч. Такого же порядка ε у соединений титана с барием — титанатов бария.

МЮ. Движение зарядов или движение электрических силовых линий — это электрический ток; он неизменно порождает магнитный поток. Отношение магнитных сил к породившему их току характеризует *магнитную проницаемость* среды, обозначаемую греческой буквой «мю» (μ). Магнитную проницаемость воздуха принято считать за единицу, и величина μ показывает, во сколько раз магнитная проницаемость данного вещества отличается от магнитной проницаемости воздуха.

СИГМА. Третья характеристика веществ — это их способность проводить электрические заряды. *Удельную электропроводимость* принято обозначать греческой буквой «сигма» (σ).

Идеальный изолятор должен иметь сигму, равную нулю, а идеальный проводник — сигму, равную бесконечности.

Вместо удельной электропроводимости обычно пользуются обратной величиной $\frac{1}{\sigma}$ — ее называют *удельным электрическим сопротивлением,* обозначаемым греческой буквой «ро» (ρ).

Для механических конструкций часто пользуются материалами, которые во всех направлениях имеют одинаковую прочность. Такова, например, хорошо выделанная сталь. Но есть и другие материалы, например дерево, которые в одном направлении (вдоль волокон) имеют незначительную прочность.

Так и с электротехническими свойствами материалов. Медь, например, имеет электропроводность, одинаковую во всех направлениях. Одинакова диэлектрическая проницаемость во всех направлениях для парафина, стекла, янтаря. Другие материалы ведут себя по-иному. Кристаллы часто имеют разную проводимость и разную диаэлектрическую проницаемость по разным осям. Трансформаторная сталь, применяемая для сердечников трансформаторов, имеет различные магнитные проницаемости в разных направлениях.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО «РО». Нет веществ, которые бы вовсе не проводили электрического тока, как нет и таких, которые не оказывали бы прохождению тока никакого сопротивления. Каждый материал имеет свое характерное электросопротивление.

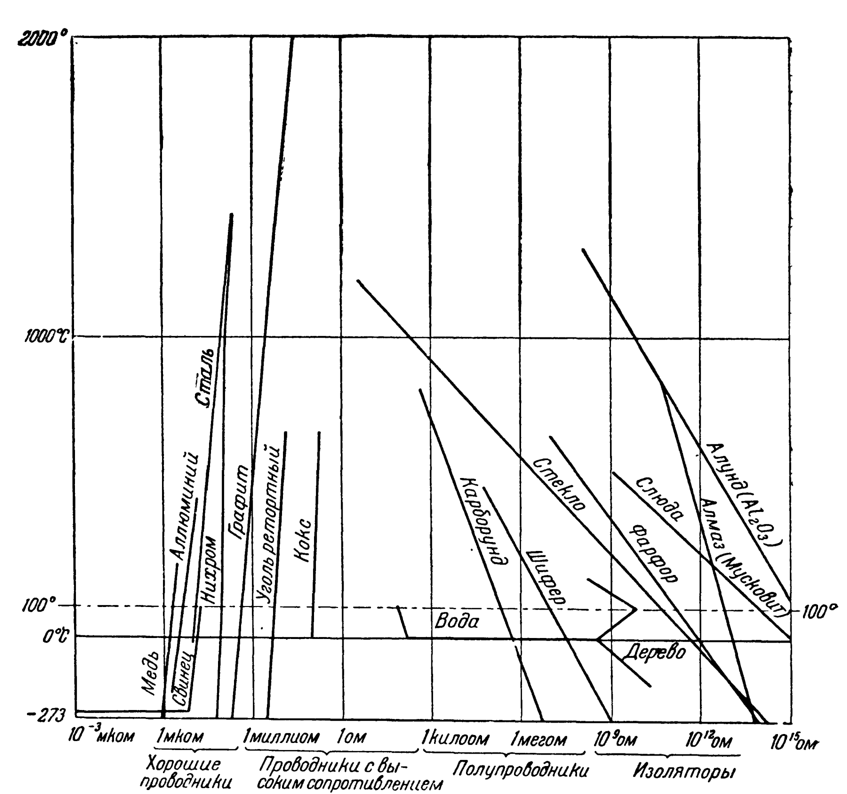
На фиг. 1 по горизонтальной шкале нанесены электросопротивления кубика со стороной ребра в 1 *см*. Сопротивления выражены в омах, тысячных и миллионных долях ома (миллиомах и микроомах), в тысячах ом (килоомах) и миллионах ом (мегомах). Каждое деление шкалы соответствует изменению сопротивления в 1 000 раз.

Все известные материалы, все многообразие окружающего мира может быть уложено на подобном графике. Здесь могут быть размещены и все элементы, и все химические соединения, и все мыслимые смеси. Но на фиг. 1, чтобы не создавать чрезмерной тесноты, дано место только некоторым, наиболее характерным веществам.

По вертикальной оси графика нанесена температура. Электросопротивление от нее сильно

[1] Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1950.

зависит. В самых жарких странах температура любого тела под прямыми лучами солнца доходит до 100°. А в полярных областях в самые лютые морозы температура не падает ниже —70°. В этих пределах температур работает множество электротехнических конструкций. Другие электротехнические приборы и аппараты работают в еще более узких пределах температур — при температурах, которые иногда называются комнатными, т. е. от 10 до 30°. Но есть и такие электротехнические устройства, которые должны выдерживать температуру в сотни градусов, а некоторые должны надежно и устойчиво работать при еще более высоких температурах, часто выше 2 000°.



Фиг. 1. Зависимость сопротивления различных материалов от температуры.

В левой части графика — область малых удельных электросопротивлений. Здесь теснятся металлы. Вблизи них расположилась одна из разновидностей углерода — графит.

Крайняя правая часть графика — это очень высокие электросопротивления. Здесь размещаются некоторые соединения металлов, большинство окислов. Здесь же помещается и углерод, но уже в другой разновидности — в виде алмаза. Многие материалы могли бы занять по два и даже более места на графике. Это те, что существуют в разных аллотропических формах, как, например, селен, сера.

С изменением температуры электросопротивление меняется у всех материалов. У металлов и их сплавов электросопротивление, как правило, растет с температурой. Металлы имеют, как говорится, положительный температурный коэффициент. Есть, правда, сплавы, которые в некотором интервале температур мало меняют свое электросопротивление. Таков сплав константан — это древнегреческое слово означает «постоянный». Константан — специфический электротехнический сплав. Еще большим постоянством электросопротивления обладает сплав манганин. Подобные сплавы применяются в измерительной технике для изготовления эталонов сопротивления, для добавочных сопротивлений к вольтметрам и так называемых шунтов к амперметрам.

Медь и сталь с повышением температуры сравнительно сильно увеличивают свое электросопротивление. Проводимость стали при нагревании от комнатной температуры до красного свечения падает в 10 раз.

Это свойство используется иногда в термометрах сопротивления. Тонкие стальные проволочки закладываются в изучаемый объект, и по изменению их сопротивления судят об изменении температуры.

По мере приближения к абсолютному нулю — к минус 273° — электросопротивление всех металлов постепенно уменьшается, а у некоторых металлов при определенных температурах электросопротивление резким скачком падает до неуловимо малой величины. Это — явление сверхпроводимости. При наиболее высокой температуре — всего лишь на 7° выше абсолютного нуля — сверхпроводимость наступает у тантала, ниобия, свинца. Но и эта «высокая температура» лежит ниже точки кипения самого трудно сжижаемого газа гелия.

Техническое использование сверхпроводимости затрудняется еще тем, что при больших токах в сильных магнитных полях это явление исчезает.

У веществ, занимающих правую часть графика, их высокое электросопротивление падает с нагревом — эти вещества имеют отрицатель-

ный температурный коэффициент. Изменение сопротивления тут происходит значительно резче, чем у металлов. При нагревании, например, стекла его электросопротивление меняется в миллионы раз.

С повышением температуры разница в электросопротивлениях различных материалов уменьшается.

ПРОВОДНИКИ И ИЗОЛЯТОРЫ. Можно выделить две большие группы материалов: те, у которых удельное электросопротивление измеряется микроомами, — это *проводники*, и материалы, имеющие удельное электросопротивление выше миллиона мегом, называемые *изоляторами* или *диэлектриками*.

Деление всех окружающих нас материалов на проводники и изоляторы возникло впервые 300 лет назад. Физики того времени исследовали электризацию трением и установили, что... «янтарь, шелк, волосы, смолы, стекло, драгоценные камни, сера, каучук, фарфор не проводят электричества, а металлы, уголь, живые ткани растений, наоборот, электричество передают».

Но как всякая классификация, так и это деление всех материалов на изоляторы и проводники электричества относительно и не всегда справедливо.

Стекло, к примеру, при комнатной температуре относится к хорошим изоляторам. Но при красном калении оно довольно хорошо проводит ток. Стеклянную палочку или трубочку можно включить последовательно в провода от штепселя к осветительной лампе. Пока стекло холодное, лампочка не горит. Но стоит подогреть стекло (горелкой, например), и лампочка зажжется. Стекло пропустит через себя ток.

ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ. Ток проводимости — это движение заряженных частиц, а такими частицами могут быть электроны и заряженные атомы, т. е. атомы, у которых недостает одного или более электронов или, наоборот, имеется избыток электронов. Нейтральные атомы остаются неподвижными под действием электрических сил, а заряженные ускоряются пропорционально их заряду и обратно пропорционально их массе. Эти заряженные атомы называются *ионами* (по-гречески это значит странниками). Атомы с недостачей электронов — ионы положительные, атомы с избытком электронов — ионы отрицательные.

В металлах имеется много не связанных с атомами электронов; самые слабые электрические силы приводят эти электроны в движение. Поэтому металлы хорошо проводят ток и такая проводимость называется *электронной*.

Кроме металлов электронной проводимостью обладают и некоторые соединения, например сернистая медь.

В стекле, бумаге, фарфоре таких полусвободных электронов при комнатной температуре нет. Эти вещества могут проводить ток только за счет движения ионов. *Ионной проводимостью* обладает также обычная поваренная соль и многие другие материалы.

Есть еще вещества со *смешанной проводимостью* — это такие, в которых ток переносится и ионами, и электронами.

Когда вещество раскалено, когда оно светится, многие из его атомов ионизированы. В таком состоянии вещество не является изолятором. Чем прочнее химическое соединение, чем более высокая температура нужна для его разложения, тем лучше оно может работать как изолятор. Окись алюминия, например, может служить изолятором при температурах около 1 000°. Окисью алюминия изолируют вольфрамовые подогреватели для катодов электронных ламп. Но при еще более высоком нагреве и этот материал проводит ток. При очень высоких температурах нет электрических изоляторов, как нет и химических соединений, существуют одни только проводники. Правда, довольно плохие проводники с высоким электросопротивлением.

Но вернемся снова в область комнатных температур.

Вода очень хорошо очищенная — это почти изолятор. Но достаточно малейших загрязнений, чтобы вода стала проводником. В замерзшем же виде даже загрязненная вода становится довольно хорошим изолятором. Можно прокладывать по снегу голые высоковольтные провода и утечки тока почти не будет.

Вода с растворенными в ней соединениями называется *электролитом*. В электролитах свободных электронов не бывает, а ток в электролитах проводится ионами. Поэтому ионную проводимость часто называют еще *электролитической проводимостью*.

Электролитическая проводимость всегда связана с переносом вещества. Отрицательные ионы движутся к положительному полюсу — аноду, а положительные ионы к отрицательному полюсу — катоду.

Окружающий нас мир в своем естественном состоянии — в значительной части мир изоляторов. К ним относятся все газы, большинство горных пород, сухая древесина.

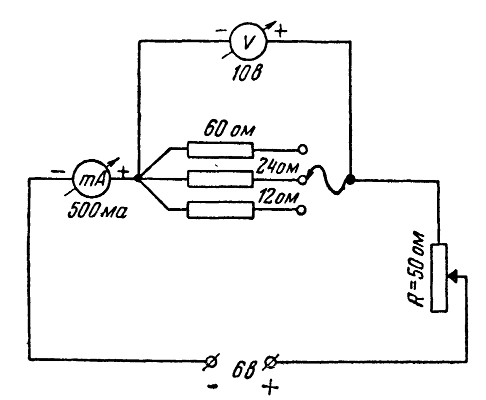
Впрочем, надо заметить, что при очень высоких электрических напряжениях все без исключения изоляторы становятся проводниками. В них происходит пробой. Связь между частицами нарушается. В сильных электрических полях нет изоляторов.

НЕПРОВОДНИКИ И НЕИЗОЛЯТОРЫ. Существует множество веществ с сопротивлением сантиметрового кубика в пределах от единиц ом до килоом. Электротехника прошлого века отбрасывала подобные материалы. В то время электротехника строилась еще весьма грубо. Материал должен был или хорошо проводить электрический ток или изолировать его, иначе он просто считался неэлектротехническим.

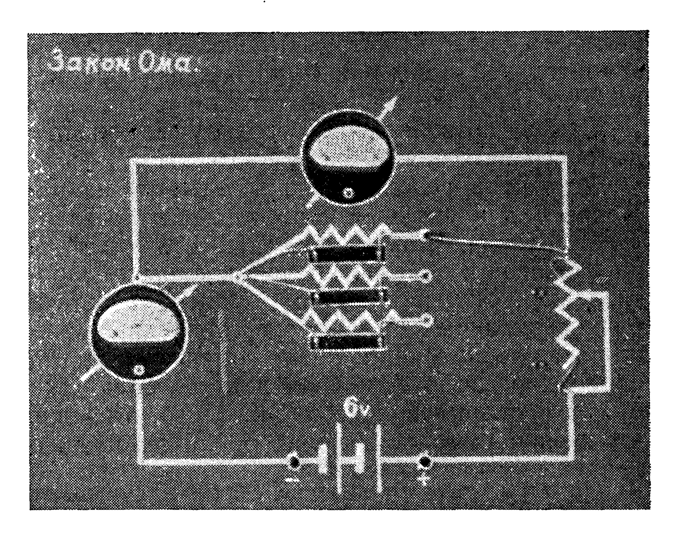
В живом организме циркулируют электрические токи. Но в нем нет ни одной детали, которая проводила бы ток также хорошо, как медь, или изолировала, как янтарь. Живой организм состоит из *полупроводников*. Одни с большим электросопротивлением, как жировые вещества, другие с меньшим, как мышцы.

Современная электротехника широко применяет полупроводники. Контакт металлов и полупроводников обладает свойством выпрямлять переменные токи. Из закиси меди, из селена строят выпрямители для зарядки аккумуляторов, для питания реле и радиоаппаратуры, для измерительных устройств. Различные кристаллы, как сернистый свинец, сернистая медь, карборунд, ферросилиций, применяются как детекторы для радиоприема. В последние годы для сантиметровых волн, радиолокации и многократной связи применяются детекторы из германия, имеющие особо хорошие качества.

Контакт металла с полупроводником может генерировать электромагнитные колебания и усиливать электрические токи. Впервые это показал советский радиолюбитель О. Лосев более тридцати лет назад.



Фиг. 1. Схема демонстрационного щита „Закон Ома".



Фиг. 2. Общий вид демонстрационного щита „Закон Ома".

Схемы для изучения законов постоянного тока[1]

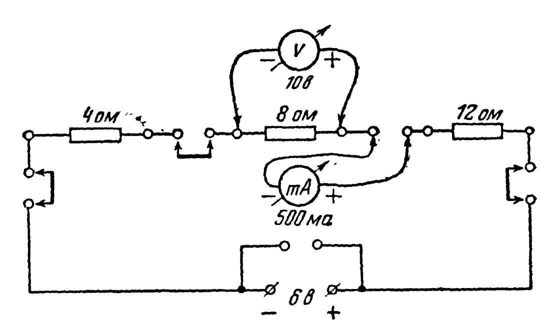
Ниже приводятся учебные пособия, разработанные в Ленинградском радиоклубе под руководством И. П. Жеребцова и представляюшие собой демонстрационные схемы.

Каждая схема собрана на фанерном щите, выкрашенном темной (например, коричневой) краской. На этом щите белой масляной краской нарисована принципиальная схема. Линии, изображающие детали и провода, имеют толщину 5—8 *мм*. Детали, входящие в схему, крепятся непосредственно на этих местах, где нанесено их условное изображение. Если деталь имеет такие большие размеры, что может закрывать свое условное изображение, она монтируется рядом с ним и соединительные провода выводятся на белые линии схемы. Монтажные провода, соединяющие детали, берутся толщиной в 1—2 *мм* и крепятся вдоль белых линий принципиальной схемы. Желательно брать провода, имеющие белую или желтую хлорвиниловую изоляцию.

ЗАКОН ОМА. В схему входят три проволочных сопротивления в 12, 24 и 60 *ом*, каждое из которых можно включать отдельно с помощью штепселя (фиг. 1 и 2), миллиамперметр на 500 *ма*, реостат с сопротивлением 50 *ом* для регулирования силы тока в цепи и вольтметр со шкалой на 10 *в*. К специальным зажимам присоединяется аккумулятор с напряжением 6 *в*.

Сопротивления изготовляются из проволоки, намотанной на прямоугольные кусочки какого-либо изоляционного материала. Можно вырезать также из листового гетинакса или текстолита зигзагообразные фигуры, изображающие

[1] Учебно-наглядные пособия, Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 3. Схема демонстрационного щита „Последовательное соединение сопротивлений".

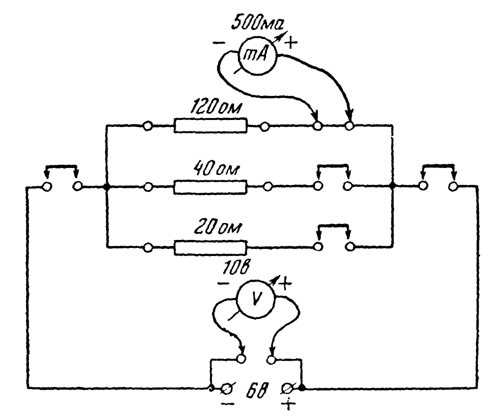
сопротивления, обмотать их проволокой, закрасить белой краской и укрепить на щите.

Измерительные приборы берутся обычного щитового типа магнитоэлектрической системы. Желательно, чтобы они были большого размера. Реостат может быть любого типа.

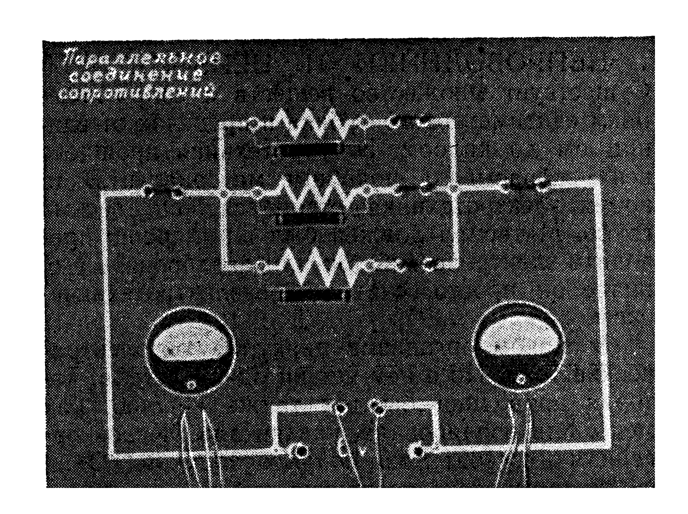
Схема позволяет производить следующие демонстрации.

Установив реостатом по вольтметру напряжение 6 *в* и включая сопротивления различных величин, можно показать, что сила тока изменяется обратно пропорционально сопротивлению. Изменяя ток с помощью реостата при неизменной величине сопротивлений, можно показать, что напряжение изменяется прямо пропорционально силе тока или что сила тока прямо пропорциональна напряжению, а также, что величина сопротивления равна отношению напряжения к силе тока.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ. На щите смонтированы три проволочных сопротивления в 4, 8 и 12 *ом* (фиг. 3); каждое из них подключено к штепсельным гнездам. Сопротивления могут быть соединены между собой последовательно с помощью короткозамкнутых штепсельных вилок. На доске смонтированы, кроме того, миллиамперметр на 500 *ма* и вольтметр на 10 *в*, снабженные длинными шнурами, заканчивающимися одинарными штепсельными вилками. Питание схемы производится от аккумулятора с напряжением 6 *в*.



Фиг. 4. Схема демонстрационного щита „Параллельное соединение сопротивлений".



Фиг. 5. Общий вид демонстрационного щита „Параллельное соединение сопротивлений".

Включая миллиамперметр в различные участки цепи, можно показать, что ток в цепи будет везде одинаковый. Подключая вольтметр ко всей цепи или к различным ее участкам, можно продемонстрировать, что полное напряжение источника тока равно сумме падений напряжений на отдельных участках цепи и распределяется между ними пропорционально величинам их сопротивлений.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ. Эта схема содержит в себе три проволочных сопротивления в 20, 40 и 120 *ом* (фиг. 4 и 5), вольтметр на 10 *в* и миллиамперметр на 500 *ма*, снабженные гибкими шнурами с одинарными вилками. С помощью двойных короткозамкнутых вилок в схему могут быть включены эти три сопротивления в различных комбинациях.

Подключая вольтметр к любому сопротивлению и к зажимам источника тока, можно показать, что при параллельном соединении сопротивлений напряжение на всех параллельных ветвях будет одинаковым. Включая же миллиамперметр поочередно в различные ветви и в общую цепь, можно продемонстрировать первый закон Кирхгофа, а также то, что общий ток в цепи делится между ветвями обратно пропорционально их сопротивлениям.

Можно также показать, что включение параллельных ветвей уменьшает общее сопротивление цепи и что ток при этом увеличивается.

Сколько вольт в сети?[1]

Странный вопрос! — может сказать читатель. Всем известно сколько: 120 *в*. А если говорить совершенно точно, то 127 *в*.

Так ли это?

Мы с вами собрали выпрямитель по самой простой схеме, она показана на фиг. 1. В схеме нет трансформатора, нет никакого повышения напряжения. Поэтому мы вправе ожидать, что напряжение на выходе выпрямителя, работающего без нагрузки, будет равно напряжению сети, т. е. 127 *в*.

Выпрямитель включен в сеть. Берем высокоомный вольтметр постоянного тока и присоединяем его к выходным зажимам выпрямителя. Вольтметр показывает ...179 *в*!

Откуда взялись эти 179 *в*? Может быть в сети получилось случайное перенапряжение. Ведь бывает иногда, что осветительные лампочки горят чрезмерно ярко, горят с явным перекалом. Попробуем для проверки осторожно включить в сеть 127-вольтовую электроплитку (фиг. 2). Как она будет накаливаться?

Включили. Никаких намеков на перекал. Плитка нормально светится оранжево-красным накалом. Судя по накалу плитки, в сети нормальное напряжение 127 *в*.

Откуда же взялось такое высокое напряжение на выходе выпрямителя?

Попробуем для проверки измерить его другим способом. Соберем схему мостика из выпрямительных элементов и присоединим к ней наш высокоомный вольтметр, как показано на фиг. 3. Тщательно проверив схему, снова включаем ее в сеть. Получаем новую цифру ... 114 *в*!

Это становится занимательным. Что ни измерение, то — новая цифра. Испытаем еще одну схему. Мы только что производили измерение, пользуясь двухполупериодной схемой (фиг. 3); соберем теперь однополупериодную схему (фиг. 4) выпрямления.

Собрали, проверили, включили... 57 *в*! Стрелка вольтметра не желает двигаться дальше, но наша контрольная плитка продолжает накаливаться нормально; включенная для проверки лампа тоже горит с обычной яркостью.

Что же нам остается делать? Попробовать разве включить наш вольтметр прямо в сеть. Его шкала рассчитана на напряжение до 500 *в*, поэтому ему не страшны ни 127 *в*, ни даже те подозрительные 179 *в*, которые получились у нас при первом измерении.

Но вольтметр, включенный в сеть,... ничего не показывает. Его стрелка продолжает стоять на нуле, вернее она «дрожит» около нуля (фиг. 5).

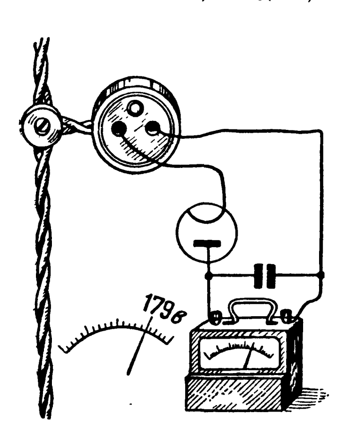
Итак мы произвели пять попыток различными способами определить напряжение сети и получили пять разных результатов: 179 *в*, 127 *в*, 114 *в*, 57 *в* и ... нуль — дрожащий нуль. И мы с полным правом можем задать себе снова тот же вопрос, с которого мы начали, который казался таким простым и который так неожиданно и странно осложнился.

Сколько же в конце концов вольт в сети?!

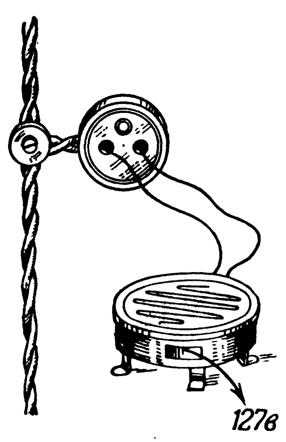
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК. Мы знаем, что в нашей осветительной сети течет переменный ток. Что же представляет собой этот переменный ток и почему он так называется?

В сети постоянного тока действует все время одно и то же постоянное напряжение. В сети переменного тока, как показывает само название, напряжение непостоянно. Оно непрерывно изменяется. В какой-то момент времени в сети нет никакого напряжения, напряжение равно нулю. В следующий момент напряжение

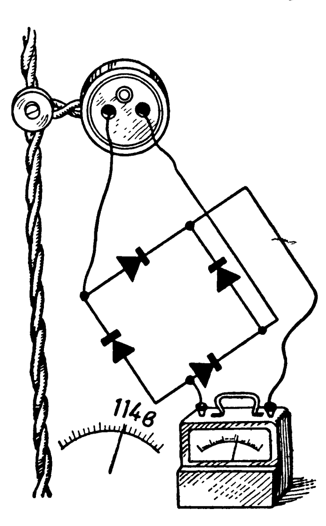
[1] В. В. Енютин, «Радио», 1947, № 1.



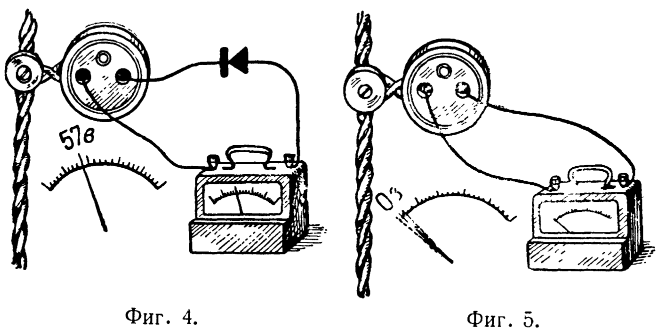
Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4. Фиг. 5.

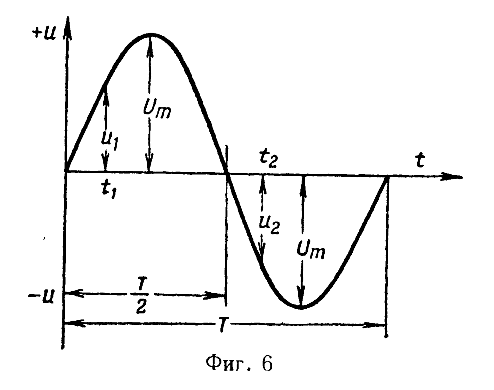
появляется, возрастает, достигает какой-то наибольшей величины, затем, уменьшаясь, падает до нуля, снова возникает, но уже с противоположным знаком, опять доходит до максимума и т. д.

В соответствии с этим изменяется и сила тока в сети. В отдельные моменты в сети нет тока, потом он возникает, достигает максимума, уменьшается, доходит до нуля. После этого ток снова появляется, но вследствие изменения полярности напряжения сети он течет уже в обратном направлении.

Эти изменения величины напряжения и тока не хаотичны. Они происходят по строго определенному закону. Характер изменений тока и напряжения можно изобразить графически кривой, называемой *синусоидой* (фиг. 6). Такая именно кривая появляется на экране электронно-лучевой трубки осциллографа при исследовании переменного тока.

Строится эта кривая так.

По вертикальной оси откладывается величина напряжения u или тока i, а по горизонтальной — время t (фиг. 6). Каждая точка кривой будет соответствовать определенному значению напряжения или тока в данный момент времени, например t_1 или t_2. Эти отдельные значения переменного напряжения или тока называются *мгновенными* и обозначаются соответственно u_1, u_2 (или i_1, i_2). Наибольшие (максимальные) значения напряжения и тока,



Фиг. 6

которых они достигают дважды в течение полного периода T своего изменения, называются *амплитудными* или *максимальными* значениями. Они обозначаются U_m и I_m.

Мы видим, что напряжение и ток в сети все время меняют свою величину. Почему же мы все-таки выражаем напряжение сети переменного тока определенной цифрой, говоря, что напряжение сети равно 127 или 220 *в*?

И постоянный ток, и переменный ток производят работу, например могут накаливать нить осветительной лампы, спираль электроплитки и т. д. Мы можем легко определить работу, которую производит постоянный ток с напряжением, скажем, 127 *в*. Очевидно, будет удобно сравнивать работу переменного тока с работой постоянного тока. Значения постоянного напряжения и тока, которые производят такую же работу, эффект, действие, как и некоторые переменные напряжения и токи, называются *эффективными* или *действующими* значениями данного переменного тока.

Величина действующего значения напряжения U переменного тока, конечно, меньше амплитудного значения, она определяется следующим соотношением:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71 U_m.$$

Соответственно с этим эффективное значение переменного тока

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0{,}71 I_m.$$

Из этих соотношений мы можем узнать, чему равны амплитудные значения напряжения или тока, если нам известны их действующие значения. Например, амплитудное значение напряжения

$$U_m = \sqrt{2} U = 1{,}41 U.$$

Если действующее значение напряжения переменного тока равно 127 *в*, его амплитудное значение будет равно:

$$U_m = 1{,}41 \cdot 127 = 179 \text{ в}.$$

Это — та самая величина, которую мы получили, измеряя напряжение на выходе выпрямителя в первом случае. Теперь она нам понятна. Сглаживающий конденсатор выпрямителя в моменты амплитудного значения напряжения сети, естественно, заряжается до этого напряжения, разрядиться же он не может, так как нагрузки у выпрямителя нет, а разряжаться на сеть конденсатор не может — кенотрон выпрямителя обладает односторонней проводимостью. Именно это амплитудное значение по-

казывает высокоомный вольтметр, который, потребляя крайне малый ток, не успевает разрядить конденсатор до наступления следующего максимума напряжения.

Обычно мы имеем представление только о действующей величине напряжения сети потому, что большинство измерительных приборов градуируется и показывает именно это значение. И если бы мы параллельно плитке включили вольтметр переменного тока, то он показал бы 127 *в*.

Но во многих случаях нельзя забывать и об амплитудном его значении. Например, конденсатор, включенный в сеть переменного тока, периодически испытывает напряжения, равные амплитудным значениям. Поэтому мы не можем включить в сеть с напряжением 127 *в* конденсатор, рассчитанный на наибольшее напряжение в 150 *в*. Амплитудные значения напряжения в этой сети будут достигать 179 *в*, и конденсатор, конечно, будет пробит.

Почему же в нашей третьей розетке (фиг. 3) оказалось не 179 и не 127 *в*, а только 114 *в*? Что это за третье значение напряжения?

Это значение называется *средним*.

Среднее значение переменного тока есть значение некоторого постоянного тока, равноценного данному переменному току, но не по производимой работе, а по количеству электричества, проходящего через поперечное сечение провода. Для нахождения величины среднего значения тока мы можем построить прямоугольник, равновеликий площади, очерченной синусоидой. Основание его равно полупериоду, а высота представляет собой величину среднего значения тока. Это иллюстрирует фиг. 7.

Среднее значение тока или напряжения можно вычислить, исходя из величин амплитудного или действующего значения.

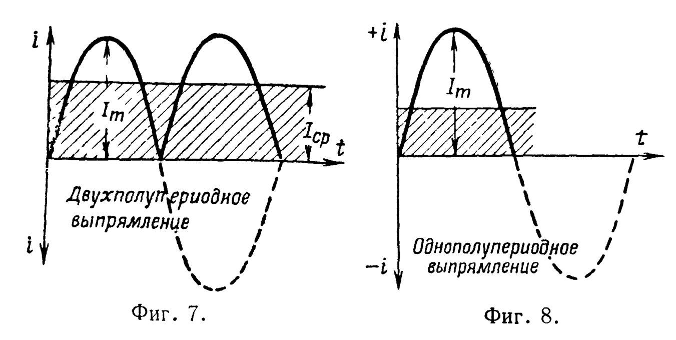
Среднее значение напряжения, которое мы обозначим $U_{ср}$, для одного полупериода синусоидального переменного тока равно:

$$U_{ср} = 0{,}64 U_m \quad \text{или} \quad U_{ср} = 0{,}9 U.$$

Отсюда следует, что

$$U_m = 1{,}57 U_{ср} \quad \text{и} \quad U = 1{,}1 U_{ср}.$$

В показанной на фиг. 3 схеме выпрямляются оба полупериода переменного тока. Отклонение стрелки магнитоэлектрического прибора пропорционально среднему значению тока или напряжения. По только что приведенным формулам нетрудно подсчитать, что среднее значение напряжения будет равно 114 *в*.



Фиг. 7. Фиг. 8.

Можно спросить: почему же в нашем первом случае вольтметр показал 179 *в*? Это объясняется только тем, что у выпрямителя, изображенного на фиг. 1, на выходе имеется конденсатор, который заряжается до амплитудного значения, а в схеме фиг. 3 конденсатора нет.

Схема фиг. 4 отличается от схемы фиг. 3 тем, что в ней выпрямляется один полупериод (фиг. 8), а не два. Поэтому в итоге через прибор проходит вдвое меньший ток, чем при двухполупериодном выпрямлении, и его показание получается вдвое меньшим, равным 57 *в*.

Если, наконец, наш прибор, построенный для измерения постоянного тока, включить в сеть переменного тока (фиг. 5), то он ничего не покажет. В этом случае его стрелка должна в такт с изменениями направления переменного тока отклоняться то в одну, то в другую сторону, но она не успевает сделать этого, так как изменения происходят 100 раз в секунду (50 периодов), и фактически стрелка только дрожит, колеблясь около нуля.

Как же нужно ответить на тот вопрос, который стоит в заголовке статьи: сколько вольт в сети?

В сети переменного тока нет определенного напряжения, оно все время изменяется. В отдельные моменты в этой сети вообще нет никакого напряжения. Если прикоснуться к проводам сети, то «ударит» напряжение 179 *в* (амплитуда), если включить паяльник, то он будет нагреваться так, как он нагревается в сети постоянного тока с напряжением 127 *в* (действующее значение) и т. д. Поэтому на наш вопрос нельзя ответить только одной цифрой, без определения.

Чтобы быть точным, мы должны сказать: действующее напряжение сети 127 *в*. Можем сказать иначе: амплитудное значение ее напряжения 179 *в*. Это будет одно и то же, но так как работа тока определяется его действующим значением, то приборы надо рассчитывать на 127 *в* и трансформатор приемника, питающегося от этой сети, тоже должен быть включен на 127 *в*.

Все указанные соотношения различных значений напряжения будут действительны и для сети переменного тока с любым другим напряжением. Например, амплитудное значение напряжения в 220-вольтовой сети будет 310 *в*.

Действующий макет „Резонанс напряжений"[1]

Назначение этого макета заключается в демонстрации: 1) явления резонанса напряжений; 2) явлений, наблюдаемых при расстройке цепи *LC* в обе стороны от резонанса; 3) одного из методов достижения резонанса.

Внешний вид макета представлен на фиг. 1.

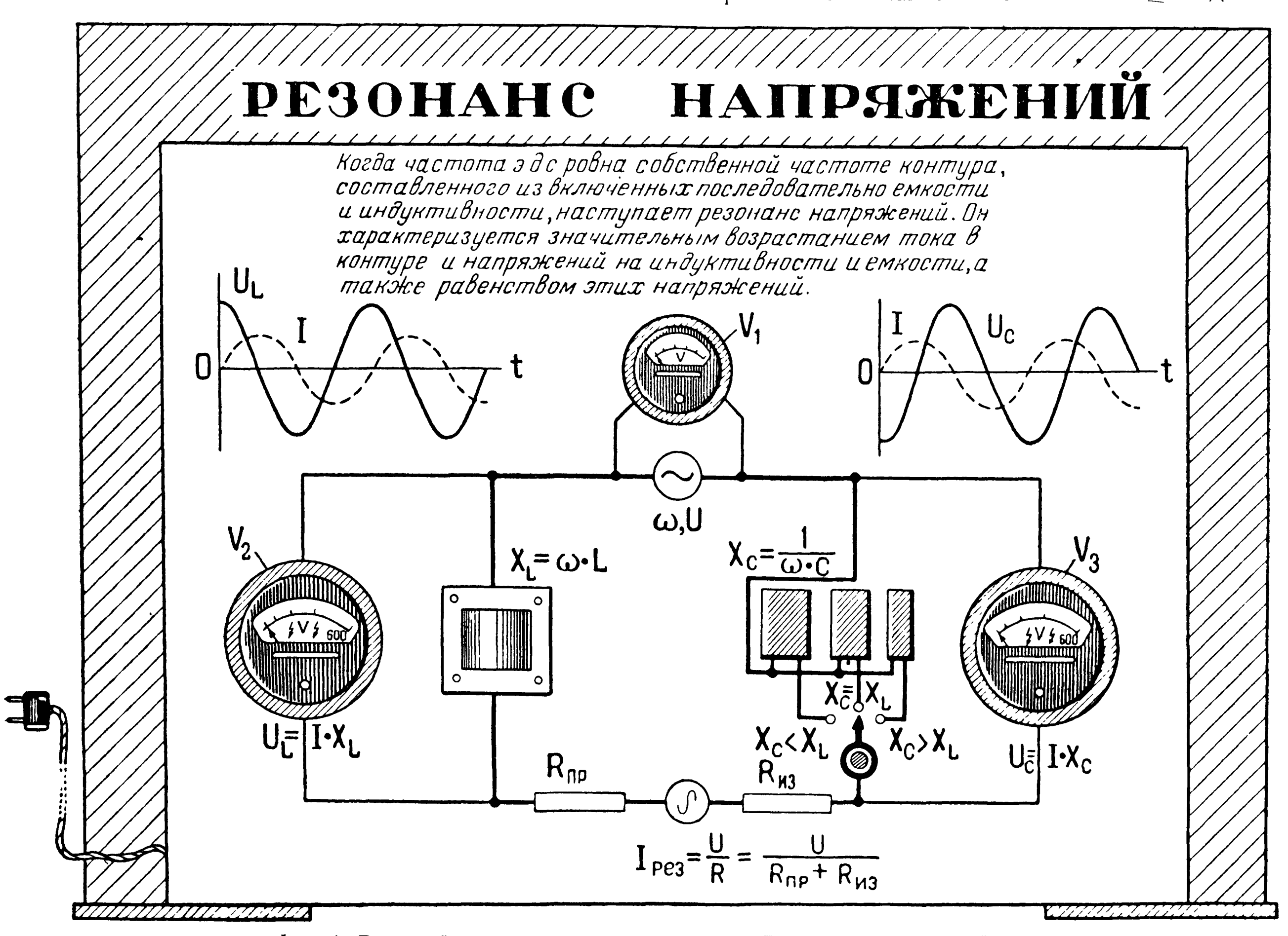
На демонстрационной панели смонтированы: катушка индуктивности, три конденсатора с переключателем и лампочка (индикатор тока), составляющие последовательную цепь. Вынесенные из деталей активное сопротивление провода $R_{пр}$ и активное сопротивление, эквивалентное потерям в диэлектриках, $R_{из}$ обозначены схематически. К зажимам источника подключен вольтметр V_1 на 140 *в*, к катушке и конденсатору — два одинаковых вольтметра V_2 и V_3 на 600 *в*.

Общие формулы выполнены, как и схема, темнокоричневой краской, формулы, относящиеся только к условию резонанса, — красной. Фазовые соотношения в индуктивном и емкостном участках цепи пояснены двумя цветными графиками. Провода контура *LC* обозначены линиями стандартной толщины (7 *мм*), провода вольтметров — тонкими (3 *мм*).

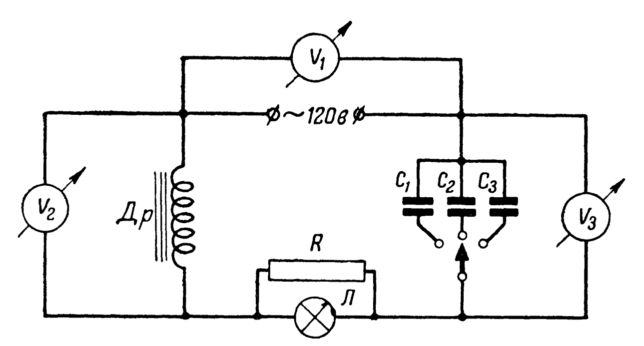
КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. При использовании макета на занятиях нужно иметь в виду следующее:

1. Участки цепи с индуктивностью и емкостью, к которым подключены вольтметры, представляются как чисто реактивные. Все активные потери обозначены эквивалентным последова-

[1] В. К. Лабутин, Наглядные пособия по радиотехнике, Госэнергоиздат, 1949.



Фиг 1. Внешний вид действующего макета „Резонанс напряжений".



Фиг. 2. Принципиальная схема действующего макета „Резонанс напряжений".

тельным сопротивлением R, имеющим величину, значительно меньшую реактивных составляющих сопротивления цепи, что позволяет при демонстрации работы схемы пренебречь его наличием в положениях $X_C > X_L$ и $X_C < X_L$. Этот прием облегчает усвоение происходящих в схеме явлений и математическое обоснование их.

2. Демонстрируя настройку цепи сменой конденсаторов, необходимо пояснить, что это один из трех возможных способов достижения резонанса, ибо условие $X_C = X_L$ может быть выполнено при помощи изменения X_L, т. е. изменением индуктивности при постоянном конденсаторе или изменением $\omega = 2\pi f$, т. е. частоты питающего источника при постоянных L и C.

3. Впервые макет демонстрируется при изучении явления резонанса напряжений. В дальнейшем, при изучении различных радиосхем, он используется для пояснения работы последовательных колебательных контуров.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МАКЕТА. Эта схема (фиг. 2) повторяет схему, представленную на демонстрационной панели. Сопротивление R в ней обеспечивает нормальную силу тока, проходящего через лампочку $Л$.

СБОРКА МАКЕТА. Резонанс напряжений может быть получен при использовании в качестве индуктивности дросселя низкой частоты $Др$ лишь с большим коэффициентом самоиндукции и малым активным сопротивлением обмотки (до 200 *ом*). Сечение его сердечника должно быть не менее 5—6 *см*^{2}.

Вместо дросселя можно использовать первичные обмотки исправных выходных трансформаторов. Легче всего подобрать эту деталь непосредственно в рабочей схеме макета, собранной предварительно на столе.

Применяя в качестве вольтметров V_2 и V_3 приборы типа ЭН на 600 *в*, удается получить резонансные напряжения до 500 *в* (при напряжении питающей сети в 110—127 *в*).

Емкость резонансного конденсатора C_2 берется в 1—2,5 *мкф*. Конденсатор должен быть рассчитан на рабочее напряжение не ниже 750 *в*. Конденсаторы C_1 (12 *мкф*) и C_3 (0,1 *мкф*) могут быть взяты с низким рабочим напряжением (200—300 *в*). На демонстрационной панели укрепляются три декоративных конденсатора различных размеров, а рабочие конденсаторы C_1, C_2, C_3 помещаются внутри стойки.

Выводы дросселя необходимо хорошо изолировать. Это делается с целью предотвращения возможности случайного прикосновения к высокому напряжению.

Лампочка $Л$ рассчитана на 2,5 *в* и 0,07 *а*. Величина шунтирующего сопротивления R берется от 5 до 50 *ом* в зависимости от силы тока при резонансе.

Момент резонанса определяется равенством напряжений на дросселе и конденсаторе.

Литература

Книги

А. Д. Батраков, Элементарная электротехника для радиолюбителей (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Популярный учебник для радиокружков и радиолюбителей. Содержит большое количество примеров и задач.

И. П. Жеребцов, Элементарная электротехника, Связьиздат, 1952.

Изложены основные сведения из электротехники постоянного и переменного тока, необходимые начинающему радиолюбителю.

М. В. Кузнецов, Электротехника, Трудрезервиздат, 1951.

Учебное пособие для ремесленных училищ связи. Содержит большое количество контрольных вопросов и свыше ста задач.

Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1950.

Популярно излагаются важнейшие вопросы современной электротехники, основы построения электротехнических схем, свойства электротехнических материалов, основы измерительной техники, работа электрических станций, основы связи по проводам и без проводов.

Учебно-наглядные пособия (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949. Описания экспонатов 7-й Всесоюзной радиовыставки — различных наглядных пособий для демонстрации на занятиях по курсу электрорадиотехники.

В. К. Лабутин, Наглядные пособия по радиотехнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описания оригинальных действующих макетов, наглядно объясняющих важнейшие явления в электро- и радиотехнике.

Э. И. Адирович, Электрический ток (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1950.

В. И. Гапонов, Электроны (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1949.

А. И. Китайгородский и В. А. Мезенцев, Атом и молекула, Госкультпросветиздат, 1952.



ГЛАВА ТРЕТЬЯ

РАДИОПЕРЕДАЧА И РАДИОПРИЕМ

Радиоволны и колебания[1]

Что такое радиоволны? Бросьте на гладкую водяную поверхность камень, и на ней появятся волны, кругами расходящиеся во все стороны. Это — водяные волны, они создаются в воде и в ней же распространяются.

Звуковые волны в открытом пространстве создаются в воздухе и в нем же распространяются: удалите воздух, и звуки исчезнут.

Из чего же созданы и в чем распространяются радиоволны?

В некоторых книгах дается такое пояснение по интересующему нас вопросу:

Радиоволны — это «распространяющиеся в пространстве переменные электромагнитные поля».

Попробуем воспользоваться этой формулировкой в качестве исходной в наших объяснениях природы радиоволн.

Позвольте напомнить вам из школьных уроков по физике, что вокруг всякого проводника с электрическим током существует магнитное поле, а вокруг тела с электрическим зарядом — электрическое поле. Даже, если вы забыли это, то, вероятно, замечали, что гребенка или расческа, которой вы только что привели в порядок ваши волосы, стремится притянуть к себе легкие предметы, вроде кусочков папиросной бумаги, шерстинок и пр. Эта же самая гребенка до использования ее по прямому назначению не обладала свойствами притягивать посторонние предметы.

Объяснение простое: от трения о волосы гребенка приобрела электрический заряд, отчего вокруг гребенки возникло электрическое поле. Оно-то и действует на легкие предметы, притягивая их.

[1] С. А. Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

Полем вообще называют материальную среду, в которой обнаруживается действие каких-либо сил. Например, в поле земного тяготения обнаруживается притяжение к земле.

Материальная среда, в пределах которой сказывается действие электрических сил, называется электрическим полем. Сильнее заряд — и поле сильнее. Нет заряда — нет поля.

У нас в руке медный провод, по которому течет ток, а на столе обычный компас. Стрелка компаса ориентирует вас в пространстве, указывая север.

Поднесите к компасу этот провод, расположите его вдоль стрелки и стрелка отклонится в сторону (фиг. 1). Увеличьте ток — стрелка отклонится еще больше. Уменьшите ток,— отклонение стрелки уменьшится. Выключите ток,— стрелка опять укажет север. Значит, не самый провод влияет на стрелку компаса, а ток, протекающий по нему.

Объяснение простое: ток создает вокруг провода магнитное поле и это поле действует на стрелку компаса.

Материальная среда вокруг магнита или проводника с током, где обнаруживается действие магнитных сил, называется магнитным полем. Сильнее ток — сильнее магнитное поле. Нет тока — нет поля.

Если электрический ток периодически, через равные промежутки времени, меняет не только свою величину, но и направление, то такой ток называется переменным. Переменный ток создает и переменное магнитное поле.

То же самое можно сказать и о переменном электрическом поле. Если вызвавший его заряд периодически меняет не только свою величину, но и полярность, то такое поле называется переменным электрическим полем.

Переменное электрическое и переменное магнитное поля неотделимы друг от друга. Если возникло переменное электрическое поле, то оно всегда создает вокруг себя переменное магнитное поле, и, наоборот, переменное маг-

нитное поле обязательно создаст переменное электрическое поле.

Электромагнитные волны, т. е. взаимосвязанные переменные электрическое и магнитное поля, распространяются в воздухе или в безвоздушном пространстве, а также и во многих других веществах со скоростью света, равной 300 000 *км/сек.*

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИСКРА. Достаточно где-либо проскочить электрической искре, как сейчас же вокруг нее возникнут радиоволны. Вы случайно замкнули провода — короткая вспышка, и в пространство выброшен поток радиоволн. Искрят щетки электродвигателя, работает электросварочный агрегат, искрит дуга трамвая или ролик троллейбуса, работает автомобильный мотор с системой электрического зажигания — безразлично: все это наводняет пространство радиоволнами.

Именно из-за этих волн от искровых разрядов, будь то разряды атмосферного электричества или же искрение электроустановок, происходят все те трески, которые вы, вероятно, не один раз проклинали, слушая интересную радиопередачу.

Только удалившись с радиоприемником куда-либо далеко за город, где нет помех радиоприему от трамваев, электрических лифтов, электромедицинских кабинетов и подобных устройств, можно вести прием в относительной «электрической тишине».

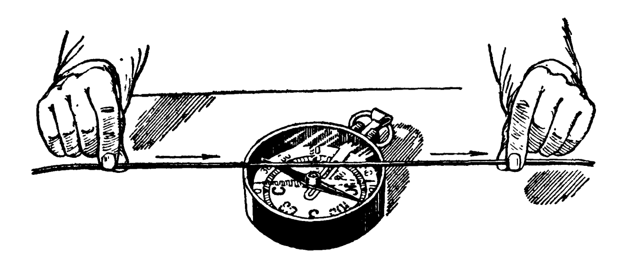
Вот почему приемные радиоцентры выносятся из городов в уединенные места.

Но и здесь не всегда можно укрыться от помех. Гигантский искровой разряд, каким является молния, создает настолько сильный ураган радиоволн, что в грозу из громкоговорителя вырывается оглушительная «артиллерийская канонада».

Радиоволны от молнии сигнализируют о приближении грозы. Первым человеком, сумевшим принимать радиосигналы молнии, был русский ученый, изобретатель радио Александр Степанович Попов. Один из своих приборов, названный им «грозоотметчиком», он использовал для того, чтобы следить за далекими грозами и предсказывать их приближение.

Люди взяли у природы ее рецепт «изготовления» радиоволн.

Все первые радиопередатчики создавали мощные потоки сильно трещащих искр. Радиоволны, порождаемые искрами, переносили в пространство различные сообщения без всяких соединительных проводов. Эти первые радиостанции так и назывались — «станции искрового телеграфа». Известно, что радиотелеграфисты мощной московской искровой радиостанции (на Ходынке), идя на дежурство, еще



Фиг. 1. Ток, идущий по проводу, отклоняет стрелку компаса.

километра за полтора-два до здания, на слух, по треску искр — этих маленьких молний, могли читать передаваемые знаками телеграфной азбуки сообщения.

Название «радиостанция» появилось значительно позже.

Современная радиотехника почти полностью отказалась от весьма несовершенных искровых станций. Но пучок искр до сих пор остается в эмблеме на погонах связистов.

КАК СОЗДАЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ. Нам предстоит ознакомиться с тем, как создаются радиоволны современными радиопередающими станциями.

Краткое определение сущности создания радиоволн таково:

Проводник с переменным током высокой частоты при некоторых условиях способен излучать в окружающее пространство радиоволны.

Это определение станет понятным, когда будет раскрыт внутренний смысл каждого слова. «Проводник» — но какой, всякий ли? Дальше мы увидим, что нет, далеко не всякий. «Переменный ток высокой частоты» — как это понимать? Что значит: «при некоторых условиях?» При каких именно? «Излучать» — как?

Начнем с выяснения, что такое переменный ток.

Знакомясь с электромагнитным полем, мы получили краткую справку о том, что переменным называется ток, периодически меняющий не только свою величину, но и направление. Следует еще раз подчеркнуть, что слово «переменный» относится именно к направлению. Как бы ни менял свою величину электрический ток, его нельзя назвать переменным, если он не меняет направления.

Переменный ток течет попеременно то в одну сторону, то в обратную, как бы повторяя колебательные движения качелей или часового маятника. Недаром существует технический термин «электрические колебания».

ЧЕМУ УЧИТ МАЯТНИК. К концу маятника часов я прикрепляю легкое перышко или волосок, смоченный жидкой краской, затем тол-

4*

каю маятник и подношу к перышку листок бумаги. Перышко начнет вычерчивать на листке прямую линию — след колебаний маятника; чем больше размахи маятника, тем больше ее длина.

Теперь я начну равномерно передвигать листок бумаги в направлении, перпендикулярном к плоскости колебаний маятника. Прочерчиваемая линия растянется, развернется в волнообразный график (фиг. 2). Колебания маятника зарегистрированы — получился график колебаний, или, как его называют, осциллограмма.

Осциллограмма свидетельствует о том, что размахи маятника быстро уменьшались, и вскоре маятник остановился. Трение в точке подвеса маятника и в точке касания перышка с бумагой, а также сопротивление воздуха сделали свое дело. Колебания быстро затухли. Перед нами график затухающих колебаний.

Иную картину представляет график, показанный на фиг. 3. Сила тяжести гирь преодолевала действие на маятник всех тормозящих усилий. Поэтому маятник отщелкивал удар за ударом, не уменьшая размахов. Можно было бы целый день вытягивать из-под такого маятника бумажную ленту, и все время вычерчивалась бы на ней волнообразная кривая незатухающих колебаний.

У всякой профессии свой язык. Электрик или радист не скажет «размах» там, где речь идет о колебаниях: не размах, а амплитуда. Уважая профессиональные привычки, мы должны сказать так: у затухающих колебаний амплитуды убывают, у незатухающих — остаются неизменными.

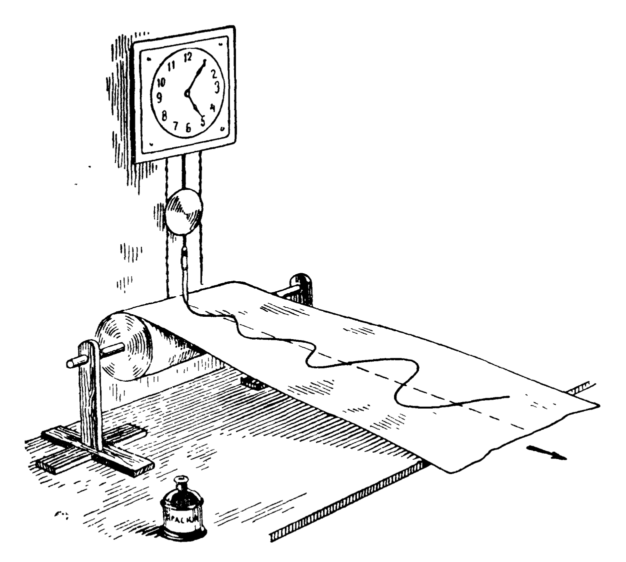
КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. Не только маятник или качели, но и электрический ток можно заставить совершать затухающие или незатухающие колебания.

Для этого служит очень простое электрическое устройство — колебательный контур. Это своего рода «электрический маятник». Но в отличие от колебаний обычного маятника электрические колебания в контуре совершаются невероятно быстро. На каждое колебание затрачивается ничтожно малая доля секунды, поэтому число колебаний в секунду очень велико.

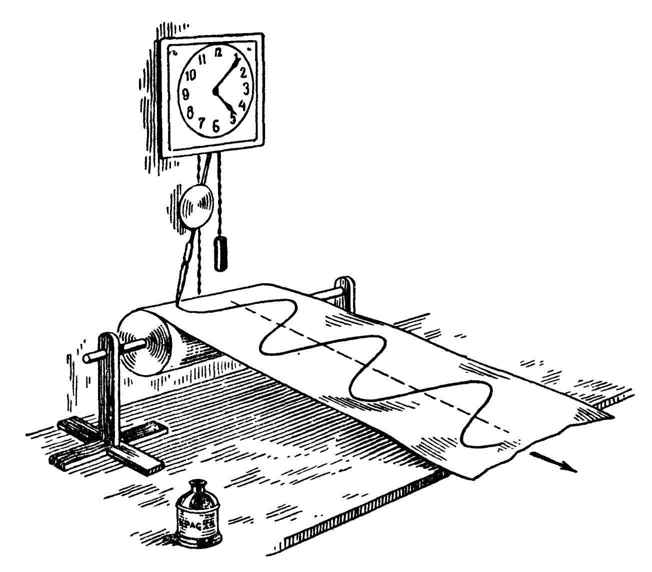
Колебательный контур состоит всего из двух основных частей: катушки индуктивности и конденсатора. Катушка представляет собой некоторое число витков медной проволоки, а конденсатор (самый простой) — две металлические пластинки, разделенные слоем диэлектрика.

Чем больше площадь пластин и чем ближе они расположены одна к другой, тем при прочих равных условиях большей электрической емкостью обладает конденсатор (фиг. 4). На величину емкости влияет и вещество диэлектрика. Конденсатор с бумагой в качестве диэлектрика «впитает» в себя в два раза больше электричества, чем такой же конденсатор, но с воздухом вместо бумаги. Слюдяной конденсатор «сгустил» бы в себе («конденсатор» по-русски означает «сгуститель») в шесть раз больший заряд, чем такой же воздушный конденсатор.

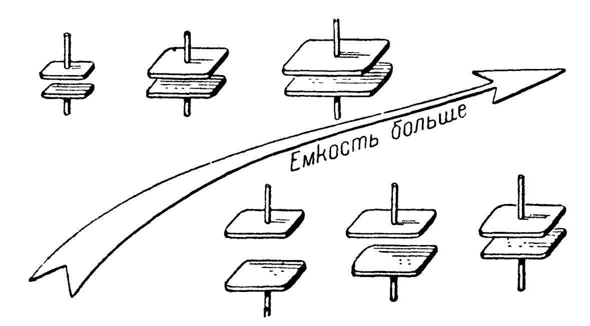
Если присоединить концы катушки к пластинам конденсатора, получится колебательный контур (фиг. 5). Но такой «мертвый» контур ничем не интересен. Чтобы в контуре возникли электрические колебания, его нужно «оживить».



Фиг. 2. Затухающие колебания маятника.



Фиг. 3. Незатухающие колебания маятника.

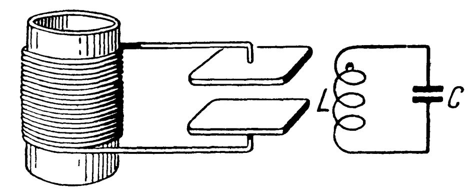


Фиг. 4. Чем больше площадь пластин конденсатора и чем ближе они одна к другой, тем больше емкость.

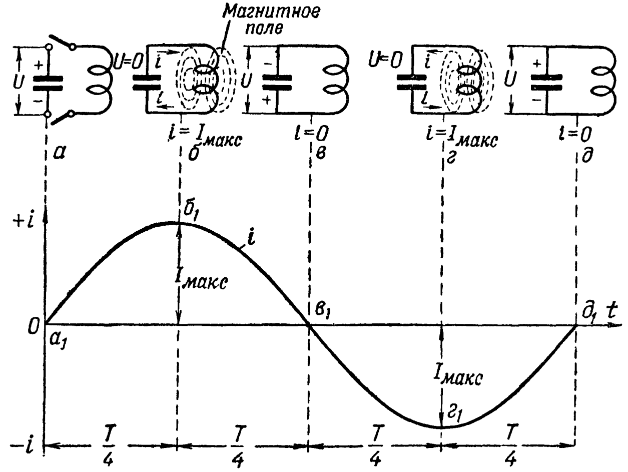
Маятник мы отводим вбок или даем ему толчок, и он начинает мерно раскачиваться из стороны в сторону. Колебательный контур тоже можно «подтолкнуть». К нему необходимо подвести некоторое количество электрической энергии, чтобы электроны пришли в колебательное движение. Для этого конденсатор следует зарядить от какого-либо источника тока (фиг. 6,*а*), а затем подключить к нему катушку индуктивности. Электрическое напряжение U на пластинах конденсатора и сообщит электронам тот электрический «толчок», который необходим для возбуждения колебаний в контуре. Конденсатор станет разряжаться через катушку, и в цепи потечет ток (фиг. 6,*б*).

С появлением тока скажется тормозящее влияние катушки — ее индуктивность, которая зависит от числа витков, размеров и формы катушки. Индуктивность — это электрическая инерция. Она противодействует всякому изменению тока, подобно тому как инерция тела препятствует изменению его скорости. Вследствие противодействия катушки электрической инерции ток будет нарастать постепенно и достигнет наибольшей величины $I_{макс}$ как раз в тот момент, когда конденсатор полностью израсходует свой электрический заряд, т. е. разрядится.

Теперь, казалось бы, ток должен исчезнуть. На самом же деле благодаря электрической инерции он не прекратится и будет протекать в ту же сторону за счет энергии, которая сосредоточилась в катушке. Но ток станет посте-



Фиг. 5. Колебательный контур состоит из конденсатора C, катушки L и соединительных проводов.



Фиг. 6. Получение переменного тока в контуре.

пенно убывать. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться в обратном направлении: пластина, имевшая положительный заряд, будет заряжаться отрицательно, а пластина, имевшая отрицательный заряд, — положительно.

Когда энергия полностью сосредоточится в конденсаторе, ток в контуре прекратится (фиг. 6,*в*), но процесс на этом не остановится. Зарядившийся конденсатор опять начнет разряжаться: в контуре потечет ток, но уже в обратном направлении (фиг. 6,*г*). Он возрастает до максимальной величины, а затем снова упадет до нуля. В этот момент завершится полный цикл изменения тока в контуре, т. е. закончится одно электрическое колебание (фиг. 6,*д*). После этого все изменения тока станут повторяться, подобно тому как повторяются перемещения маятника. В контуре возникнут электрические колебания.

Колебания в контуре, происходящие без какого-либо влияния со стороны, чрезвычайно кратковременны. Это объясняется тем, что электрический ток нагревает провода катушки. Энергия электрических колебаний превращается в тепло, которое рассеивается. Потери эти неизбежны, поэтому колебания в контуре быстро затухают. Амплитуда их становится все меньше и меньше, и наконец, колебания практически прекращаются. Они длятся очень малую долю секунды.

Затухающими колебаниями пользовались в первые годы развития радиотехники. Но теперь они не применяются. Уже много лет назад разработаны способы получения незатухающих колебаний, на применении которых и основывается современная радиотехника. Незатухающие колебания — это колебания с неослабевающей силой. Амплитуда их не меняется.

Для того чтобы получить незатухающие колебания, нужно особое устройство, которое «подбрасывает» колебательному контуру все новые и новые порции энергии. В часах роль этого устройства выполняет гиря или пружина. Как это делается в колебательном контуре, мы узнаем дальше (см. стр. 58).

ПЕРИОД И ЧАСТОТА. В здании Исаакиевского собора в Ленинграде под куполом подвешен длинный маятник, служащий для доказательства вращения земли вокруг своей оси. Длина маятника 98 *м*. На одно полное колебание, т. е. на движение маятника от отвеса в одну сторону, переход в противоположную сторону и возвращение к отвесу, затрачивается 20 сек. Маятник же часов-ходиков в течение секунды успеет сделать два колебания. Словом, чем длиннее маятник, тем медленнее совершает он колебания, тем больше период его колебаний.

Периодом называется время одного полного колебания.

От десятков секунд до десятых долей секунды — таковы пределы (диапазон) изменений периодов колебаний маятников.

Колебания в электрическом контуре могут совершаться тоже с разными периодами, но диапазон их гораздо более широкий. Никакой маятник не сможет в одну секунду совершить несколько тысяч колебаний, тогда как для электрического тока такие колебания считаются медленными.

Период электрических колебаний определяется тем, насколько быстро конденсатор может заряжаться и разряжаться, а катушка — управляться со своим магнитным полем.

Число колебаний в секунду называется частотой колебаний. Единица измерения частоты называется «герц». Один герц (сокращенно 1 *гц*) — это одно полное колебание в секунду, т. е. один период в секунду.

Частота электрических колебаний в контуре определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем больше индуктивность, тем сильнее скажется ее тормозящее действие на изменении электрического тока в контуре и тем медленнее будут совершаться колебания. Также влияет на частоту колебаний и емкость. С увеличением емкости конденсатора возрастает время, необходимое для его заряда и разряда. Значит, период колебаний будет продолжительнее, а число колебаний в секунду меньше.

Следовательно, изменяя индуктивность и емкость контура, можно менять частоту происходящих в нем электрических колебаний, подобно тому как скрипач, перемещая пальцы по грифу скрипки и удлиняя или укорачивая струны, изменяет тон, т. е. меняет частоту звуковых колебаний.

В радиотехнике приходится иметь дело с электрическими колебаниями, частота которых достигает многих тысяч и миллионов герц. Оперировать всякий раз с такими большими числами также неудобно, как неудобно выражать путь от Москвы до Ленинграда в миллиметрах или вес поклажи грузового автомобиля в граммах. Общепринято пользоваться более крупными кратными единицами: килогерц (*кгц*) — тысяча герц и мегагерц (*мггц*) — миллион герц.

Излучение радиоволн становится практически возможным лишь в том случае, если частота колебаний не ниже нескольких десятков тысяч герц. Вот почему для излучения радиоволн нужен не просто переменный ток, а переменный ток высокой частоты.

При помощи колебательного контура можно получить электрические колебания практически любой частоты — от долей герца до многих сотен и тысяч мегагерц. Для этого надо только подобрать соответствующие емкости и индуктивности колебательного контура.

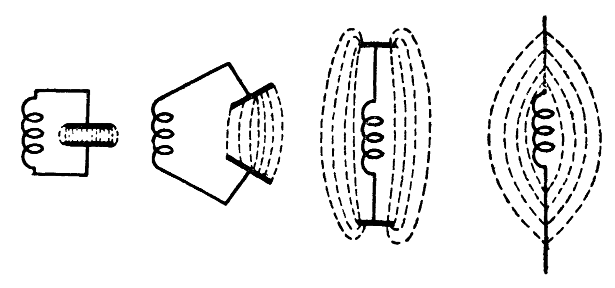
ОТКРЫТЫЙ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР. Не следует думать, что достаточно создать в колебательном контуре высокочастотные колебания для того, чтобы он стал излучать в окружающее пространство радиоволны. Вот тут-то и приходится вспомнить «некоторые условия», о которых мы в свое время лишь упомянули.

Эффект излучения радиоволн тем ощутительнее, чем большее пространство охватывается электрическим и магнитным полями контура. Конденсатор же по размерам очень невелик, и поле его хотя и сильное, но очень собранное, сжатое. Оно занимает небольшой объем пространства. То же следует сказать и о магнитном поле: оно собрано, сжато вокруг витков катушки.

Такой колебательный контур, у которого емкость и индуктивность сосредоточены, вследствие чего поля ограничены небольшим объемом, называется замкнутым колебательным контуром. Применяя его в качестве излучателя радиоволн, можно ожидать не больше успеха, чем от попытки нагреть большую комнату раскаленным добела гвоздем.

Итак, чтобы усилить эффект излучения радиоволн, надо увеличить размеры электромагнитного поля.

Сразу же напрашивается решение раздвигать пластины конденсатора, и тогда в электрическое поле будут включаться все новые и новые части пространства. Но при раздвижении пластин уменьшается емкость конденсато-



Фиг. 7. Раздвигая пластины конденсатора, получим открытый колебательный котур.

ра. Контур начнет создавать колебания иной частоты. Есть выход: одновременно с раздвижением пластин увеличивать их размеры, и тогда емкость конденсатора останется неизменной.

На фиг. 7 показано, как постепенное раздвижение пластин приводит к созданию открытого колебательного контура. Емкость у него образована двумя большими пластинами, удаленными одна от другой на значительное расстояние. Опыт показал, что вместо сплошной пластины лучше применять две длинные проволоки, так как они создают конденсатор вполне достаточной емкости.

Для большего охвата пространства электрическим полем одну проволоку на мачтах поднимают высоко вверх, а другую располагают у самой земли. Если по такому открытому колебательному контуру начнет протекать ток высокой частоты, излучение радиоволн обеспечено.

Когда А. С. Попов начал применять радиоволны для целей связи без проводов, то он нашел необходимым увеличить размеры открытого колебательного контура. Одну проволоку он поднял на высокой мачте вверх, а другую зарыл в землю. Земля — достаточно хороший проводник и по своему действию вполне заменяет одну из пластин конденсатора. Емкость открытого колебательного контура была образована поднятой вверх проволокой и землей, разделенными слоем воздуха. Провод, поднятый кверху, получил название «антенна». В переводе на русский язык с греческого это слово означает усики насекомого. Это название дано было по внешнему сходству.

Честь изобретения первой в мире антенны принадлежит А. С. Попову.

Мы уже знаем, что не могут раздельно существовать переменные магнитное и электрическое поля. Поэтому при циркулировании в открытом колебательном контуре токов высокой частоты в окружающем пространстве будет возникать электромагнитное поле.

Сила или, лучше сказать, напряженность этого поля будет тем больше, чем сильнее вызвавший его ток, чем больше амплитуда колебаний тока в контуре. Колебательный ток с небольшой амплитудой создаст вокруг антенны электромагнитное поле небольшой напряженности. Наоборот, ток с большой амплитудой создаст сильное электромагнитное поле. Чем больше напряженность поля, тем на более далекое расстояние оно способно действовать.

ИЗЛУЧЕНИЕ РАДИОВОЛН. Мы вплотную подошли едва ли не к самому сложному явлению, с которым имеет дело радиотехника, — к возникновению излучения радиоволн. Нам нужно «заставить» перемещаться переменное электромагнитное поле антенны. Опираясь на формулировку, приведенную в начале статьи, мы можем поставить знак равенства между перемещающимися электромагнитными полями и радиоволнами. Остается пояснить, в силу каких причин электромагнитное поле «покидает» антенну и «отправляется» в самостоятельное путешествие.

Электромагнитное поле антенны «дышит» с частотой вызвавшего его тока. Следуя за всеми изменениями тока в антенне, поле как бы втягивается в антенну, когда ток в ней уменьшается до нуля, и как бы распухает, когда ток достигает максимального значения.

Ток в антенне не ждет. Счет идет на микросекунды. Электромагнитное поле должно поспевать вслед за током «втягиваться» и «распухать». Тем участкам электромагнитного поля, которые находятся у самой поверхности провода антенны, не потребуется много времени на то, чтобы быстро «всосаться» обратно в антенну при «втягивании», т. е. в моменты прекращения в ней тока. Но участкам, находящимся на периферии огромного электромагнитного поля, придется поспешить. Может получиться, — в действительности так и получается, — что периферийные участки поля еще не успеют «втянуться» в антенну, как навстречу им начнет двигаться, «распухая», новое поле. Оно не пропустит к антенне остатки уже «втянутого» поля (фиг. 8).

«Запоздавшее» поле будет отброшено антенной. С каждым «вздохом» электромагнитного поля антенна будет толчками отбрасывать в пространство «опоздавшую» его часть. Оттесняя друг друга в стороны, отброшенные части электромагнитного поля будут вынуждены отходить все дальше от антенны, перемещаясь в пространстве.

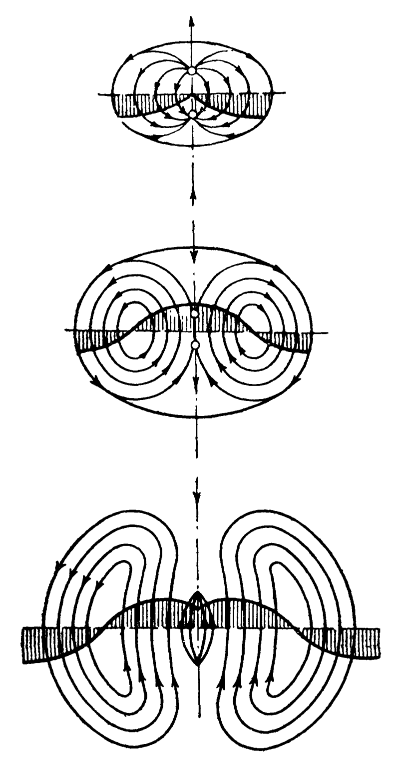
Так происходит излучение радиоволн.

Будь электромагнитное поле более «аккуратным», успевай оно своевременно «втянуться» в антенну, — никакого излучения не получилось бы. У замкнутого колебательного контура поле очень небольшое. Почти все оно

успевает аккуратно следовать за всеми изменениями тока. Не происходит почти никаких запозданий! Но зато практически не получается излучения радиоволн.

ДЛИНА ВОЛНЫ. Скорость, с какой волны увеличивают расстояние между собой и антенной, нам уже известна: 300 000 *км* в секунду. Такую огромную скорость как нельзя лучше характеризует слово «излучение». Не случайно все отрасли техники, использующие «перемещающиеся электромагнитные поля», получили приставку «радио»: радиосвязь, радиопеленгация, радионавигация, радиолокация и пр. Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», означающего «луч».

С каждым новым колебанием электрического тока в антенне в пространство излучается очередная волна. Сколько колебаний тока, столько волн. Но сколько бы волн ни излучалось, скорость их распространения строго постоянна. Через секунду после начала излучения «голова» первой волны окажется на расстоянии 300 000 *км* от антенны. Все остальные волны займут промежуточное положение между «головной» волной и антенной радиостанции. На долю каждой волны придется тем меньшее расстояние, чем больше волн излучает за секунду антенна, т. е. чем выше частота колебаний тока в антенне. Если частота тока равна 1 *мггц*,

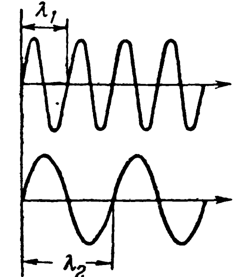


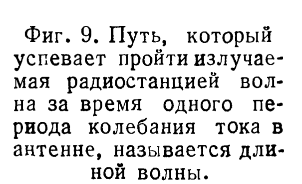
Фиг. 8. Антенна излучает радиоволны, толчками отгоняя их от себя.

то это значит, что за секунду антенна излучает 1 000 000 волн. Все они занимают в пространстве, считая по прямой линии в сторону от излучающей антенны, 300 000 *км*. На долю каждой волны придется

$$300\,000 : 1\,000\,000 = 0{,}3\ \textit{км} = 300\ \textit{м}.$$

Это расстояние есть путь, который успеет пройти волна, излучаемая радиостанцией за время одного колебания тока в антенне, т. е. за один период колебания (фиг. 9). Оно называется длиной волны, которая обозначается греческой буквой λ (лямбда).





Фиг. 9. Путь, который успевает пройти излучаемая радиостанцией волна за время одного периода колебания тока в антенне, называется длиной волны.

При понижении частоты колебаний каждая волна займет больше места в пространстве. Если, к примеру, частота колебаний тока в антенне равна 100 *кгц* и, следовательно, антенна излучает в секунду 100 000 волн, то каждая волна «растянется» в пространстве на

$$300\,000 : 100\,000 = 3\ \textit{км} = 3\,000\ \textit{м}.$$

Наоборот, при повышении частоты колебаний тока в антенне волны должны будут «сжаться». При частоте 100 *мггц* длина волны составит лишь

$$300\,000 : 100\,000\,000 = 0{,}003\ \textit{км} = 3\ \textit{м}.$$

Таким образом, чем меньше частота, тем больше длина волны (λ_2 на фиг. 9). И, наоборот, чем больше частота, тем короче волна (λ_1 на фиг. 9).

Длина волны λ и частота f обратно пропорциональны друг другу. Поэтому длину электромагнитной волны λ всегда можно вычислить, если разделить скорость распространения этой волны, равную 300 000 *км* в секунду, на частоту f. Для того чтобы длина волны получилась в метрах, как ее обычно принято выражать, скорость распространения также следует брать в метрах (300 000 000 *м*). Следовательно, можно написать

$$\lambda_{(м)} = \frac{300\,000\,000}{f_{(гц)}},$$

или

$$f_{(гц)} = \frac{300\,000\,000}{\lambda_{(м)}}.$$

Если же частоту выражать в килогерцах, то в этих формулах для получения длины волны в метрах скорость распространения надо брать в километрах (300 000 *км*), т. е.

$$\lambda_{(м)} = \frac{300\,000}{f_{(кгц)}}$$

и

$$f_{(кгц)} = \frac{300\,000}{\lambda_{(м)}}.$$

От микрофона до антенны[1]

Шесть часов утра по московскому времени. В пространство несутся мерные удары кремлевских курантов и затем раздаются торжественные звуки гимна. Едва отзвучали его последние ноты, как раздается спокойный, четкий голос диктора:

«Говорит Москва...».

Так начинается день центрального радиовещания.

Знаете ли вы, как происходят эти передачи?

Каким образом каждый звук, возникший в радиостудии, на театральной сцене или в другом месте, откуда ведут радиопередачу, мгновенно доносится к вам за сотни и тысячи километров?

Для того чтобы мы могли услышать радиопрограмму, нужно ее, во-первых, передать, а затем принять.

Задача передающей радиостанции состоит в том, чтобы превратить речь, пение, музыку в электрический ток, а затем преобразовать последний в электромагнитные волны и излучить их в окружающее пространство.

Как же практически решается эта задача? Чтобы выяснить это, вспомним, что такое звук. Звук — это колебания какой-либо среды: воздуха, дерева, металла, воды и т. п. Звуковые колебания в неограниченном пространстве распространяются от источника звука по радиусам во всех направлениях. Средняя скорость распространения звука в воздухе — 330 *м/сек*.

На фиг. 1 условно показаны (на самом деле невидимые глазу) периодические «сгущения» и «разрежения» в звукопроводящей среде, которые и представляют собой звуковые колебания или звуковую волну.

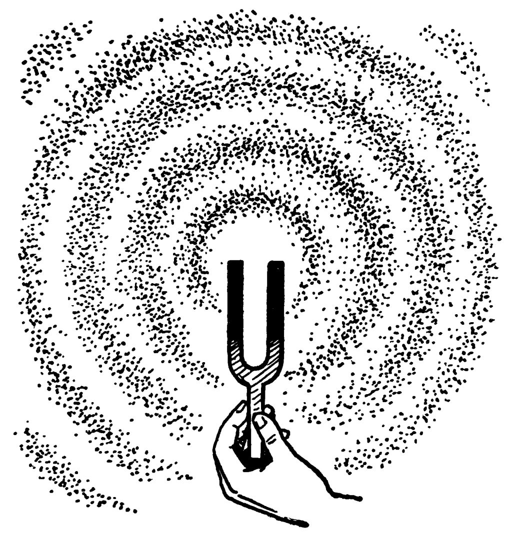
Наше ухо способно воспринимать как звук только колебания определенных частот (от 16 до 20 000 колебаний в секунду). Кроме того, амплитуда этих колебаний должна быть достаточно большой, т. е. звук должен обладать определенной силой, иначе мы не сможем его услышать.

МИКРОФОН. И электромагнитные волны и звук — это колебания, но разной природы. Нет ли способа превратить звуковые колебания в электромагнитные? Есть. Для этого сначала нужно звук превратить в колебания электрического тока.

Прибор, преобразующий звуковые колебания в электрические, называется микрофоном. Опишем принцип действия простейшего микрофона.

На фиг. 2 показана металлическая камера, в которую насыпан угольный порошок. С одной стороны эту камеру закрывает гибкая пластинка, укрепленная на изоляторах; со всех остальных сторон камера закрыта наглухо. Камера и пластинка присоединены к источнику постоянного напряжения, создающего в цепи постоянный ток. Но представьте себе, что мы начали говорить, приблизившись к пластинке. Если пластинка достаточно тонка, то под действием звуковых волн, т. е. сгущений и разрежений воздуха, она начнет колебаться. При колебаниях пластинки будет изменяться сила ее давления на угольный порошок, отчего будет меняться сопротивление, оказываемое этим порошком электрическому току. Величина тока начнет меняться. В результате в цепи будет течь пульсирующий ток. Применив довольно простые электротехнические устройства, легко разделить пульсирующий ток на переменный и постоянный.

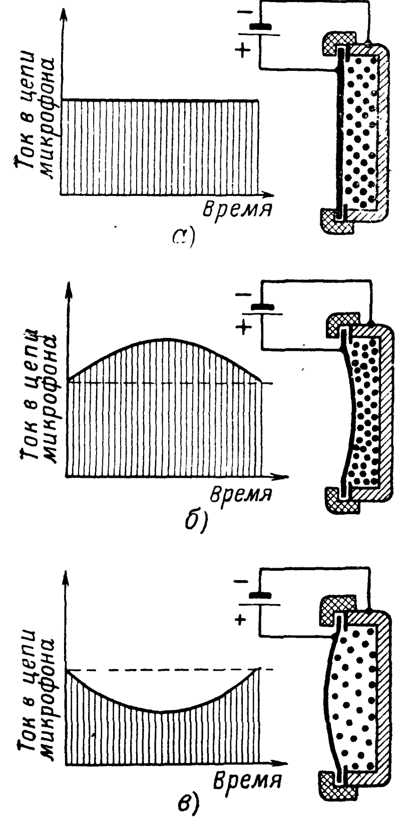
Мы сумели превратить звуковые колебания в переменный электрический ток. Но дело в том, что электрические колебания, созданные микрофоном, очень слабы; их следует усилить с помощью радиоламп, применяемых в специальных аппаратах — усилителях низкой ча-



Фиг. 1. Звуковые волны вокруг камертона.

---

[1] По разным источникам



Фиг. 2. Работа микрофона.

а — звука нет, в цепи микрофона течет постоянный ток; *б* — под действием звука мембрана вогнута, сопротивление уменьшилось, ток возрос; *в* — под действием звука мембрана выгнута, сопротивление увеличилось, ток уменьшился.

стоты, а после этого можно передать их по проводам на радиостанцию.

Чтобы понять, как работает радиостанция, придется вернуться к колебательному контуру.

СНОВА О КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ. Вспомним наши рассуждения. Излучая радиоволны, антенна непрерывно посылает в пространство электромагнитную энергию высокой частоты порцию за порцией. Эту энергию антенна получает из колебательного контура.

Откуда же беспрерывно черпает энергию сам колебательный контур? Очевидно, что нужно осуществить устройство, передающее контуру все новые и новые количества энергии взамен тех, которые он с пользой передает антенне, и тех, которые бесполезно затрачивает в самом себе. Нельзя предполагать, что колебательный контур работает как какой-то «вечный» маятник.

Вот о работе устройств, обеспечивающих создание радиоволн, мы теперь и должны сказать.

Радиотехника знает много всяких способов «подбрасывания» энергии в колебательный контур. Все они, за исключением одного, были отвергнуты практикой. Дело в том, что подбрасывание новых порций электрической энергии в контур нужно производить в такт с колебаниями. Не во-время подброшенная порция электрической энергии не только не поддержит колебаний, но будет заглушать их.

Наиболее пригодный способ, посредством которого производится передача в контур новых и новых количеств электрической энергии, применяется уже около сорока лет. Мы имеем в виду использование электронной лампы, которая является душой современной радиотехники.

Для ознакомления с тем, как электронная лампа вместе с колебательным контуром создает токи высокой частоты, в качестве главного «действующего лица» мы пригласим трехэлектродную лампу. Для простоты объяснения принципа работы радиопередатчика мы воспользуемся этой старой заслуженной ветеранкой, а не современными более сложными генераторными лампами.

ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ ЭПИЗОД. Известен интересный эпизод из истории развития паровой машины. Один мальчик был приставлен к примитивной старинной паровой машине. Обязанности мальчика были несложные, но весьма однообразные. В строго определенные моменты времени он должен был открывать и закрывать кран. Важно было не спутаться и не открыть кран раньше времени, чтобы не остановить машины. Мальчику, наделенному природной сообразительностью, надоедало утомительное занятие. Желая выкроить хотя бы немного свободного времени для своих игр, он пустился на хитрость. Веревками соединил он кран с качающимся коромыслом машины, предоставив самой машине заботиться об открывании и закрывании крана в нужные моменты. Машина была переведена с ручного обслуживания на автоматическое. Краны открывались и закрывались без прикосновения рук.

Этот эпизод напоминает то, что двумя столетиями позже произошло с изобретением лампового генератора токов высокой частоты.

В 1913 г. была разработана первая схема лампового генератора, положившая начало ряду других схем, обеспечивающих удобные способы получения токов высокой частоты.

В это время знали, что радиолампа может усиливать слабые переменные электрические токи практически любой частоты. Знали и то, что, если усиления одной лампы недостаточно, то можно последовательными ступенями включить несколько электронных ламп одну вслед

за другой. Несомненно, и до этого времени считали возможным усиленные таким образом мощные колебания высокой частоты подать прямо в антенну. В дверь стучалась идея создания ламповой передающей радиостанции. Нехватало одного: уменья решить задачу — откуда взять первоначальный переменный ток, который следует подвести к сетке самой первой усилительной лампы.

И ученым пришла идея, с внешней стороны имевшая много общего с детской хитростью мальчика, обслуживавшего паровую машину. Они решили перевести электронную лампу на самообслуживание. Пусть она не ждет, когда ей соберутся подать к сетке переменное напряжение, а сама заботится об этом. Иными словами, лампу заставили заниматься не только усилением уже ранее где-то и чем-то созданных переменных токов, но и самой возбуждать, генерировать их.

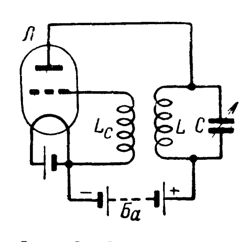
Таким образом был создан первый ламповый генератор незатухающих колебаний.

ПЕРВЫЙ ЛАМПОВЫЙ ГЕНЕРАТОР. Схема этого генератора исключительно проста (фиг. 3). В анодной цепи лампы (триода) *Л* включен колебательный контур LC, а в цепи сетки лампы — катушка L_c, близко расположенная к контурной катушке L. Вот и весь генератор.

Чтобы понять, как работает ламповый генератор, сделаем небольшое допущение. Оно нужно только на короткое время, и мы от него вскоре откажемся. Представим себе, что в колебательном контуре LC уже поддерживаются незатухающие колебания. Ток в катушке L непрерывно меняет свое направление, и с такой же частотой заряжается и разряжается конденсатор C. Следуя за изменениями тока в контуре, меняются величина и направление магнитного поля вокруг катушки L. То возникая, то исчезая, оно воздействует на витки катушки L_c (пересекает их) и, как это получается в любом трансформаторе, по индукции наводит в них напряжение.

Но к катушке L_c присоединена сетка лампы, следовательно, с такой же частотой, с какой колеблется ток в контуре, будет меняться и напряжение на сетке. Сетка действует автоматически, она не ошибается: «плюс» на сетке увеличивает анодный ток, протекающий через лампу, а «минус» — уменьшает его.

Качели можно раскачивать, подталкивая их в такт. Эту обязанность в лампе с большим прилежанием выполняет сетка, получающая то положительные, то отрицательные заряды. Она не дает покоя анодному току, заставляя его совершать непрерывные колебания.



Фиг. 3. Схема генератора с трансформаторной связью.

Так и не удается анодному току течь спокойно. Все время, пока нить (катод) лампы накалена, а на аноде лампы имеется положительное напряжение, ламповый генератор создает незатухающие колебания. Лампа за счет энергии анодной батареи $Б_a$ покрывает все потери в контуре. Получается своего рода «идеальный» колебательный контур. Решена задача получения незатухающих колебаний.

Ламповый генератор может быть уподоблен заведенным пружинным часам или стенным часам с поднятыми гирями. Упругость пружины или вес гирь полностью компенсирует все тормозящие силы трения и заставляет часовой механизм работать безостановочно.

Теперь мы можем отбросить наше допущение. Пусть в анодном контуре нет незатухающих колебаний. Но первый же толчок тока, вызванный включением генератора, импульсом создаст магнитное поле вокруг контурной катушки. Этот импульс будет передан сетке, и та незамедлительно сделает свое дело. Качели придут в движение. Раскачиваясь все более, они достигнут максимальных размахов, при которых раскачивающих усилий как раз хватит на преодоление всех сил, стремящихся остановить колебания.

Удалось удачно построить генератор, который работает сам, без ручного или механического управления. Он сам себя принуждает к действию, самовозбуждается. Поэтому такой генератор называется самовозбуждающимся.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ. Разнесите контурную и сеточную катушки L и L_c на большее расстояние, чтобы магнитное поле контурной катушки L не «зацепляло» за витки сеточной катушки L_c, и все кончится. Колебания создаются только потому, что анодная цепь связана с сеточной и передает ей возбуждающие импульсы. Такая связь называется обратной связью: вместо того чтобы колебания из анодной цепи поступали куда-либо дальше, «на выход», они (не полностью, а частично) передаются обратно, на сетку своей же собственной лампы. Сеточная катушка, посредством которой сетка связывается с цепью анода, называется катушкой обратной связи. Чем больше витков в ней и чем ближе она расположена к контурной катушке, тем большее индуктируется в ней напряжение, тем сильнее связь.

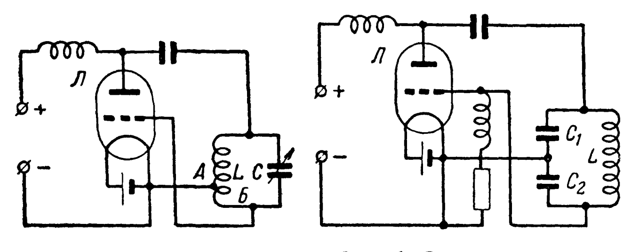
Итак, не электронная лампа создает колебания — они создаются в колебательном кон-

туре. Но никогда бы контур не создал незатухающих колебаний, если бы лампа не подбрасывала в контур все новые и новые количества электрической энергии для компенсации всех потерь, — полезных и вредных. Но и лампа не могла бы ничего передать контуру, если бы не получала энергию от источников питания — от батарей или электрогенераторов, подающих напряжение на анод.

Темп колебаний, или, лучше сказать, частоту, навязывает колебательный контур. Колебания медленные, и электронная лампа будет в таком же медленном темпе передавать контуру очередные порции электрической энергии. Но ей никакого труда не составит производить это со скоростью нескольких миллионов или десятков и сотен миллионов раз в секунду. Попробуйте-ка вручную управлять электрической энергией с такой скоростью!

ТРЕХТОЧКА. Мы уже указывали, что сетке лампы совершенно безразлично, откуда ей подается «раскачка». В схеме фиг. 3 обратная связь анодного контура с сеткой — трансформаторная. Вскоре было доказано, что иметь отдельную катушку обратной связи совершенно не обязательно. Для этого применили схему, у которой сетка (фиг. 4) непосредственно присоединена к контурной катушке *L*. На сетку лампы *Л* подается напряжение, возникающее на части *А—Б* витков контурной катушки. Чем больше витков между точками *А* и *Б*, тем большее напряжение подается на сетку, тем сильнее обратная связь. Наоборот, передвигая соединительный проводник сетки к точке *Б*, мы уменьшали бы обратную связь. Такая связь называется автотрансформаторной. В принципе она ничем не отличается от трансформаторной. Оба способа представляют разновидности индуктивной связи: напряжение на сетке создается благодаря электромагнитной индукции.

Непременным условием действия схемы является такое соединение трех проводников от лампы *Л* к контуру *LC*, при котором провод от катода (нити) присоединяется между проводами от анода и сетки. Только тогда сеточные и анодные импульсы будут действовать



Фиг. 4. Схема генератора с автотрансформаторной связью.

Фиг. 5. Схема генератора с емкостной обратной связью.

в такт. Если анодный ток, например, должен увеличиваться, то для этого должно возрастать положительное напряжение на сетке.

Подачу порций энергии от лампы в контур строго в такт радиоспециалисты называют подачей в фазе. Схема с трансформаторной связью тоже может не возбудиться, если импульсы на сетке не в фазе с импульсами анодного тока. В этой схеме правильная фазировка достигается очень просто: если генератор не возбуждается, достаточно переключить концы сеточной катушки. В схеме с автотрансформаторной связью нужно расположить проводники только так, как показано на фиг. 4.

Весьма простая по своему устройству, состоящая всего лишь из колебательного контура, в трех точках соединенного с лампой, эта схема пользовалась в свое время особым расположением радиолюбителей. Почти все радиопередатчики первых коротковолновиков имели генератор «трехточку».

ЕМКОСТНАЯ СВЯЗЬ. Существуют схемы с емкостной обратной связью, например приведенная на фиг. 5. В этой схеме напряжение на сетку лампы *Л* снимается с конденсатора C_2, который вместе с конденсатором C_1 образует емкость контура. Степень обратной связи в этой схеме регулируется величиной емкости конденсатора C_2: она тем больше, чем меньше эта емкость. Вот вам разъяснение: чем больше емкость, тем меньше сопротивление представляет конденсатор переменному току. Меньшее сопротивление потребует меньшего напряжения на его преодоление. Напряжение на выводах конденсатора большей емкости, включенного в цепь переменного тока, получается очень малым.

В схеме фиг. 5 напряжение на сетку лампы берется именно с конденсатора. Поэтому обратная связь становится более сильной, когда емкость конденсатора C_2 уменьшается, — увеличивается напряжение на нем.

Появление на свет новых схем ламповых генераторов было тесно связано с появлением новых типов электронных ламп. Вслед за описанными выше генераторами были предложены многие другие схемы. Все они по существу в той или иной мере повторяют классические схемы.

ЗАДАЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР. Ламповому самовозбуждающемуся генератору нехватает еще антенны, чтобы стать радиопередатчиком. Различие между мощными и маломощными радиостанциями заключается, главным образом, в степени усиления первоначально полученных в ламповом генераторе высокочастотных колебаний.

Если требуется мощность больше той, которую в состоянии отдать непосредственно самовозбуждающийся генератор, то применяют ступенчатое усиление все более мощными лампами. Иногда в одной усилительной мощной ступени для увеличения мощности одновременно включают «в общую упряжку» несколько ламп — две, три и больше. Нередко можно встретить передатчик с тремя-четырьмя и даже семью-восемью ступенями. В таких условиях самовозбуждающийся ламповый генератор, первоисточник электрических колебаний, получает название задающего генератора: он «задает тон» всем остальным — усилительным — ступеням, «раскачивает» их.

Задающий генератор — «сердце» передатчика. Остановится «сердце», и все остановится. Первая усилительная ступень ничего не получит на сетку лампы от задающей ступени, и поэтому ничего не передаст второй ступени, второй нечего будет передавать третьей и т. д. Тщетно антенна будет ожидать получения токов высокой частоты от мощной оконечной ступени.

И «сердце» передатчика тщательно оберегают. Ему вредна перегрузка. На него действует тепло, выделяемое током в различных деталях установки. Всякое изменение температуры приводит к изменению размеров металлических конструкций, в частности к изменению размеров деталей конденсатора и катушки контура. Меняется индуктивность, меняется емкость, а от этого меняется генерируемая частота, «гуляет» волна радиостанции. В поисках сигналов станции приходится все время перестраивать приемник.

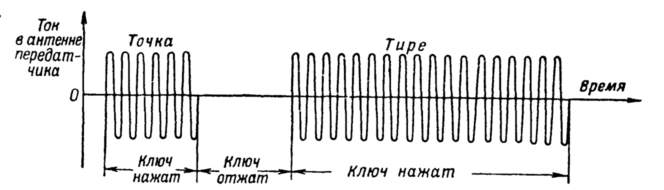
Чтобы избежать неприятностей, от задающего генератора не требуют большой мощности — лишь бы он генерировал колебания строго определенной частоты. Как нежное растение помещают в оранжерею, так и задающий генератор часто помещают в камеру со строго постоянной температурой. Чаще же применяют особые стабилизаторы частоты, которые не позволяют генерируемой частоте отклоняться от заранее установленного значения, от номинала частоты.

Связующим звеном между ламповым генератором и антенной является питающая линия (фидер). Она играет роль плюса в несложном арифметическом выражении:

радиопередатчик = ламповый генератор + + антенна.

Питающая линия состоит из проводов или кабеля, соединяющих антенну с ламповым генератором.

Таким образом, мы познакомились с общим принципом действия радиопередатчика.



Фиг. 6. Ток высокой частоты в антенне передатчика при телеграфной работе.

ВКЛЮЧАЕМ РАДИОПЕРЕДАТЧИК. Через радиопередатчики может быть осуществлен любой вид работы: передача радиограмм с помощью телеграфной азбуки (радиотелеграфная передача), передача речи и музыки (радиотелефонная передача), буквопечатание и передача изображений.

Самый простой вид работы — прерывание колебаний; так поступают радисты, выстукивая ключом знаки телеграфной азбуки: при нажатии ключа замыкаются его контакты, и серия высокочастотных колебаний поступает в антенну, при размыкании контактов подача колебаний в антенну прерывается. Короткое время включения соответствует точке, длинное — тире. Этот процесс называется манипуляцией (фиг. 6).

Но таким способом можно передавать лишь условные знаки телеграфной азбуки. А если нужно передать речь или музыку, то прежде всего следует обратиться к помощи микрофона.

О первом этапе превращения звука в электрический ток мы уже знаем. Этот ток мы усилили и направили по проводам на радиостанцию. К передатчику, таким образом, звуки пришли в виде электрических колебаний низкой частоты. Что же теперь с ними делать?

МОДУЛЯЦИЯ. Используемые для вещания на больших расстояниях радиоволны имеют длину от 15 до 2 000 *м*, а это значит, что частота, с которой колеблется вызывающий их электрический ток, равна 20 000 000 (20 *мггц*) — 150 000 (150 *кгц*) колебаний в секунду. Самая же высокая звуковая (низкая) частота, которую способно воспринимать наше ухо, имеет примерно 20 000 колебаний в секунду.

Таким образом, получается, что колебания, которые мы можем услышать, имеют весьма низкую частоту и поэтому неспособны излучаться в пространство.

Колебания же, излучающиеся на огромные расстояния в виде электромагнитных волн, имеют очень высокую частоту, которую мы не можем слышать.

Остается, видимо, как-то приспособить высокочастотные колебания для «транспортировки» колебаний звуковой частоты.

Такой способ был найден. Колебания звуковой частоты заставляют воздействовать на колебания высокой частоты. Процесс воздействия низкочастотных колебаний на высокочастотные называется *модуляцией.*

Электрические колебания звуковой частоты трудно передать далеко, а с помощью высокой частоты они свободно перебрасываются вокруг всего земного шара.

Термин модуляции издавна применяется в музыке для обозначения перехода из одной тональности в другую — смены ладов.

В электротехнике модуляция — это изменение какой-нибудь из характеристик электрического тока: его силы, частоты, фазы, в соответствии с колебаниями какого-либо другого тока.

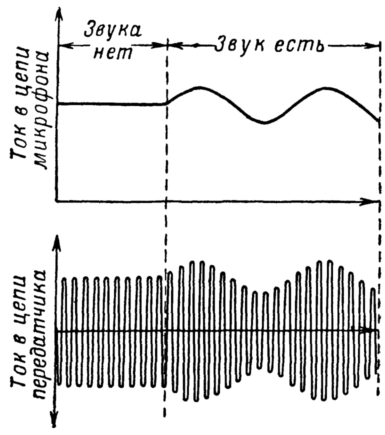
Модуляция — это не просто смешение токов, а такое воздействие низкочастотного тока на высокочастотный, когда низкочастотный ток как бы отпечатывает свою форму на высокочастотном.

Ток высокой частоты, на который воздействует телефонный разговор, называется модулируемым током, *модулируемым колебанием.* Говорят также *«несущее колебание».* Это — удачное название. Оно хорошо показывает сущность процесса. Высокочастотное колебание после модуляции несет на себе (или в себе) отпечаток тока низкой частоты.

Процесс модуляции осуществляется с помощью специального устройства, называемого модулятором.

Модулятор осуществляет воздействие токов низких частот на высокочастотные колебания. Делается это в радиопередатчиках посредством специальных модуляторных ламп.

Высокочастотные колебания до модуляции ничем не отличаются одно от другого. Но вследствие действия электрических колебаний, поступающих с микрофона, амплитуда их меняется. Она становится то больше, то меньше.



Фиг. 7. Графическое изображение результата модуляции.

Эти изменения в точности соответствуют колебаниям микрофонного тока, а следовательно, и звуковым колебаниям. Так на электрические колебания высокой частоты накладывается «отпечаток» (узор) передаваемых звуков, и в результате получаются модулированные колебания, которые излучаются радиостанцией (фиг. 7).

Назначение радиопередающих станций очень разнообразно. Некоторые из них ведут передачи для всей страны и располагаются в больших помещениях. Любительская радиостанция часто свободно размещается на столе в квартире коротковолновика. Но как бы ни отличались они по своему виду и размерам, принципиальной разницы в их работе нет. Радиотехнические процессы в них почти одинаковы, и отличаются они в основном только мощностью колебаний и длиной излучаемых радиоволн.

Каждая радиостанция — это фабрика радиоволн. Она потребляет электрическую энергию от батарей или от генератора, или от электрической сети и преобразует ее в высокочастотные электрические колебания, которые после усиления и модуляции попадают в передающую антенну. Отсюда они уже в виде радиоволн начинают свое путешествие к радиоприемникам.

Как происходит радиоприем[1]

«Говорит Москва!» — сказал диктор у микрофона.

И целое множество звуковых колебаний пронеслось по воздуху, достигло мембраны микрофона, заставило ее колебаться. Колебания мембраны превратились в колебания электрического тока. Последние, пройдя через усилители, с большой скоростью промчались по проводам к генератору радиостанции, который возбуждает колебания высокой частоты. Ток низкой частоты здесь воздействует с помощью модулятора на высокочастотные токи, т. е. как бы отпечатывает на них свою форму. Затем усиленный радиолампами ток высокой частоты попадает в антенну. Вокруг антенны радиостанции образуется переменное электромагнитное поле, излучающееся и распространяющееся в окружающем пространстве с большой скоростью.

Этот путь колебаний от микрофона до антенны описан в предыдущей статье.

[1] По разным источникам.

Проследим теперь дальнейший путь радиопередачи до громкоговорителя радиоприемника.

У ВХОДА В РАДИОПРИЕМНИК. Для приема радиопередач необходима приемная антенна. Она не отличается от передающей антенны, но назначение ее другое. Она должна уловить энергию, которую несут радиоволны.

Когда переменное электромагнитное поле встречает на своем пути металлический провод антенны, оно воздействует на свободные электроны, заключенные в проводнике. Электроны приходят в колебательное движение и послушно повторяют все изменения электромагнитного поля. В результате в приемной антенне возникает переменный ток.

Этот ток очень мал. Но его изменения совершаются в такт с колебаниями приходящих радиоволн и, значит, в точности совпадают с изменениями тока, который протекает в антенне, излучающей радиоволны.

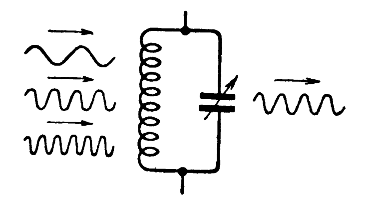
Приемная антенна соединяется с радиоприемником, к которому и подводятся электрические колебания, созданные в антенне. Теперь очередь за ним. Какие сложные задачи предстоит выполнить приемнику? Электрические явления, происходящие в схеме этого маленького радиоаппарата, пожалуй, сложнее тех, какие происходят в радиопередатчиках, занимающих иногда целые здания.

КАК СОРТИРУЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ. Включив радиоприемник, мы начинаем его настраивать, вращая одну из ручек.

Что же происходит при настройке приемника и почему она необходима?

В настоящее время имеется очень много передающих радиостанций. Они находятся в разных городах и ведут различные передачи. Одна из них передает доклад, другая — последние известия, третья — концерт и т. д.

Каждая станция излучает радиоволны, которые доходят до приемных антенн и возбуждают в них электрические колебания. Антенна в одно и то же время принимает все передачи. Если бы слушали их одновременно, то услышали бы такую смесь звуков, из которой ничего нельзя было бы понять. Чтобы этого не было, все радиостанции работают на разных волнах. Это значит, что каждая из них излучает электромагнитные колебания лишь определенной только для нее установленной частоты. Следовательно, в приемной антенне любая радиостанция возбуждает колебания своей частоты, отличной от частот других станций. И вот, чтобы можно было слушать каждую передачу в отдельности, приемник отбирает из всех колебаний, возбуждаемых в антенне только колебания одной радиостанции (фиг. 1). Такая



Фиг. 1. Контур пропускает ту частоту, на которую он настроен.

сортировка радиоволн происходит в колебательном контуре радиоприемника, куда попадают электрические колебания, принятые антенной. Здесь используются свойства *электрического резонанса колебательного контура.*

Явление резонанса нам приходится наблюдать очень часто.

Струну любого музыкального инструмента можно заставить звучать, не прикасаясь к ней, стоит только вблизи от нее создать такой же звук, какой она сама может издавать. Например, положим на стол две одинаково настроенные гитары и заставим струну одной из них сильно звучать. Если прекратить тотчас же (прижав рукой) колебания этой струны, можно легко заметить, что одинаково настроенная струна другой гитары будет слабо звучать, хотя к ней и не прикасались.

Резонанс широко используется в музыке. Но в строительном деле стараются, наоборот, избежать резонанса. Строителям приходится вести с ним борьбу, так как механический резонанс может привести к разрушениям.

Сорок лет назад в Петербурге неожиданно рухнул висячий Египетский мост, когда по нему «в ногу» проходила войсковая часть. Возник резонанс, мост недопустимо сильно раскачался ритмичными толчками ног, и произошел обвал.

Резонанс — это отклик. Раскачиваемое устройство как бы «откликается» на толчки той же частоты, с какой оно способно колебаться само, если нарушить его покой. При совпадении ритма толчков с частотой собственных колебаний устройства размах колебаний такого устройства резко возрастает. Если же частота толчков не совпадает с собственной частотой, колебания получаются слабыми.

Поэтому, для того чтобы при одновременной работе нескольких станций вы могли бы принять по желанию только одну из них, вам нужно настроить вашу антенну в резонанс с колебаниями, которые происходят в антенне нужной вам радиостанции.

Для этого как будто бы нужно изменить длину антенны, но это неудобно, да и почти невозможно. Вместо этого в антенну включают проволочную катушку. Оказывается, что в за-

висимости от того, какое число витков катушки включено в антенну, меняется частота, на которую настроена антенна. Увеличение числа витков катушки как бы удлиняет антенну: чем больше число витков, тем меньше становится собственная частота электрических колебаний в антенне.

Для того чтобы было удобно включать то или иное число витков, делают отводы. Передвигая ползунок переключателя, вы включаете в антенну большее или меньшее число витков катушки и, таким образом, настраиваете ее в резонанс с колебаниями той или иной станции.

Это будет все же очень грубая настройка, так как она изменяется не плавно, а скачками. Поэтому переключателем обычно настраиваются на определенный участок (диапазон) волн, а затем подстраиваются точно на нужную станцию с помощью конденсатора переменной емкости, который вместе с катушкой и антенной образует колебательный контур приемника. Изменяя емкость конденсатора, мы также изменяем собственную частоту электрических колебаний антенны и заставляем ее отзываться на приходящие радиоволны той станции, передачу которой хотим слушать.

В «двери» радиоприемника «стучатся» радиоволны многих радиостанций. Но благодаря резонансу «вход открывается» сигналам только той радиостанции, на которую настроен приемник в данный момент.

Чтобы перейти на прием другой станции, необходимо изменить частоту собственных колебаний контура приемника путем изменения индуктивности или емкости.

Этот принцип настройки используется во всех современных радиоприемниках. Процесс настройки любого радиоприемника, который внешне сводится к вращению рукоятки и наблюдению за перемещением стрелки по шкале, есть не что иное, как настройка колебательного контура в резонанс с частотой электромагнитных волн, создаваемых радиостанцией, которую мы хотим услышать.

Амплитуды принимаемых сигналов обычно очень малы и их нередко приходится усиливать. Для этого в приемнике имеется специальный усилитель, т. е. радиолампа, которая увеличивает амплитуду принимаемых колебаний, не меняя их частоты. Такая усилительная ступень радиоприемника называется *усилителем высокой частоты.*

ОТ ДЕТЕКТОРА К ГРОМКОГОВОРИТЕЛЮ. Теперь приемнику нужно выделить из принятых и усиленных колебаний высокой частоты низкочастотные колебания.

Поскольку несущие высокочастотные колебания выполнили свою роль и донесли колебания звуковой частоты до приемника, они нам более не нужны. Ведь высокочастотный модулированный ток не может непосредственно привести в действие обычный электромагнитный телефон.

Нам нужны теперь лишь низкочастотные колебания.

Отделение колебаний низкой частоты от высокочастотных колебаний — процесс, обратный модуляции. Он называется *демодуляцией* или *детектированием* по имени простейшего прибора, применяемого для этой цели, — детектора.

Детектор слово латинское и значит — раскрывающий, обнаруживающий. Это — прибор, обнаруживающий, выделяющий колебания низкой частоты. Детекторы бывают кристаллические, применяемые в основном в детекторных приемниках, и ламповые. В ламповых приемниках всегда есть лампа, служащая детектором.

Чтобы была ясна роль детектора, мы прежде рассмотрим принцип действия электромагнитного телефона.

Телефон представляет собой, в сущности, электромагнит, сердечник которого намагничен (так называемый поляризованный электромагнит). Вместо якоря электромагнита в телефоне употребляется тонкая стальная пластинка (мембрана), которая притягивается к электромагниту.

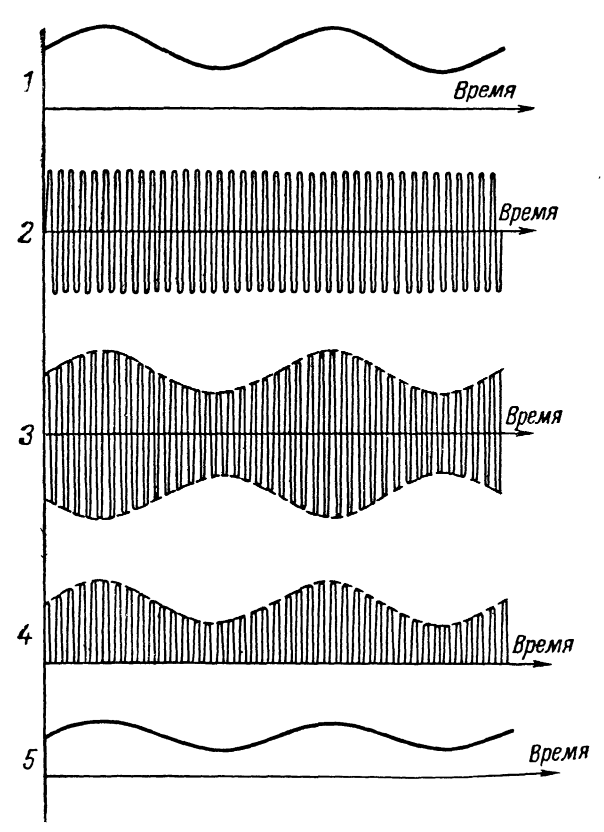
Если по обмотке электромагнита проходит ток, то он создает магнитное поле, которое либо усиливает притяжение постоянного магнита, либо ослабляет его (в зависимости от того, направлено ли поле электромагнита в ту же сторону, что и поле постоянного магнита, или в противоположную сторону).

В соответствии с этим мембрана либо больше, либо меньше притягивается к сердечнику электромагнита, т. е. совершает механические колебания, подобные тем электрическим колебаниям, которые происходят в обмотке телефона.

Таким образом, телефон превращает электрические колебания в звуки. А для того чтобы телефон воспроизводил передаваемые звуки, нужно, чтобы токи в цепи телефона как раз соответствовали тем низкочастотным колебаниям, которыми был промодулирован передатчик.

Следовательно, из модулированных высокочастотных колебаний должны быть выделены те более медленные колебания, которые соответствуют модуляции. Эту задачу выполняет детектор.

Упрощенно действие детектора можно объяснить так. Детектор — это выпрямитель, т. е. прибор, который пропускает ток только в



Фиг. 2. Как преобразуются колебания от микрофона до телефона или громкоговорителя при радиопередаче и радиоприеме.

1 — ток в цепи микрофона — медленные колебания, управляющие амплитудой колебаний высокой частоты; *2* — колебания высокой частоты до модуляции; *3* — модулированные колебания; *4* — продетектированные модулированные колебания; *5* — ток в цепи телефона.

Как видно из сравнения кривых *1* и *5*, ток в цепи телефона изменяется подобно току в цепи микрофона.

одном направлении. Поэтому модулированные высокочастотные колебания детектор превращает в токи, текущие в одном направлении.

Мембрана телефона вследствие своей инерции не успевает следовать за отдельными высокочастотными импульсами (толчками) тока и отзывается на среднюю величину силы, создаваемой этими импульсами. Если импульсы сильнее, то мембрана притягивается сильнее, когда импульсы слабее, и мембрана притягивается слабее.

Но импульсы после детектора тем больше, чем больше амплитуда модулированных колебаний, подводимых к детектору. Поэтому мембрана совершает колебания, повторяющие те изменения амплитуды, которые происходят в модулированном колебании (фиг. 2).

А это значит, что мембрана телефона воспроизводит те колебания, которые действовали на микрофон передающей станции.

Если полученные колебания низкой частоты дополнительно усиливаются после детектора, то вместо телефонных трубок применяется громкоговоритель.

Этим завершается сложный процесс радиопередачи.

Любопытно отметить следующее. Если вы находитесь, например, в 1 000 *км* от радиостанции, то каждый произнесенный в студии звук пройдет весь путь от микрофона до нашего уха в пять раз быстрее, чем он успеет достигнуть по воздуху до стены той же студии, находящейся в 5 *м* от диктора.

Так велика скорость всех радиотехнических процессов.

Действующий макет „Амплитудная модуляция"[1]

Этот макет объясняет явления, происходящие в передатчике при анодной модуляции. Наглядность демонстрации достигается применением искусственной монтажной схемы, позволяющей производить модуляцию при очень медленных колебаниях модулирующего напряжения, вызываемых простыми нажатиями на мембрану микрофона.

Внешний вид макета представлен на фиг. 1. На демонстрационной панели изображена схема телефонного радиопередатчика с анодной модуляцией.

Возбудитель питающего антенну генератора обозначен условно кружком с двумя светящимися синусоидами. Анодные цепи модулятора и генератора имеют миллиамперметры *1* и *2*. В общей анодной цепи обеих ступеней последовательно с модуляционным дросселем *Др* введен третий миллиамперметр *3*. Вольтметр *4* измеряет анодное напряжение, питающее генератор и модулятор. Для определения наличия высокочастотного тока в цепи антенны и противовеса включены индикаторные лампочки $Л_1$. В цепи первичной обмотки микрофонного трансформатора *Тр* имеются гнезда *М* для включения микрофона и зажимы «—6в +» для подключения источника питания.

На панели нарисованы графики, поясняющие физические процессы в цепях передатчика. Принципиальная схема выполнена двумя цветами: голубым (модуляторная ступень) и лиловым (генератор). Координатные оси графиков и все надписи сделаны темнокоричневой

[1] В. К. Лабутин, Наглядные пособия по радиотехнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ

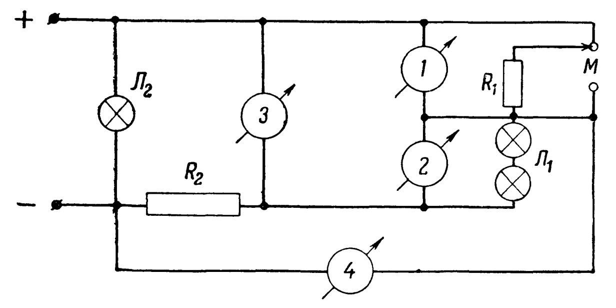
Uсм 0 t
Iам 0 t
Iаг 0 t
IА 0 t
1 2 mA Ia Ia
3 mA Cф C L LА Л1 Л1
Iобщ
4 V
М Тр Др + Бa −
− 6в +
МОДУЛЯТОР ГЕНЕРАТОР

Фиг. 1. Внешний вид действующего макета.

краской, графики напряжений — красной, графики токов — зеленой.

При отсутствии развернутых монтажей телефонных передатчиков условные обозначения основных деталей модулятора *Др* и *Тр* следует пояснить реальными деталями.

ДЕМОНСТРАЦИЯ МАКЕТА. После объяснения схемы, представленной на панели макета, и ее деталей к зажимам подключают, соблюдая указанную полярность, шестивольтовый аккумулятор или батарею гальванических элементов. При этом появляются анодные токи в лампах, начинает работать возбудитель, в антенной цепи возникает ток высокой частоты.



Фиг. 2. Принципиальная схема действующего макета.

Включив в гнезда *М* микрофон диспетчерского типа, произносят перед ним громко «А» (во все время демонстрации микрофон необходимо держать вертикально). Изменение яркости свечения индикаторных лампочек $Л_1$ свидетельствует об изменении амплитуды высокочастотных колебаний, т. е. о наличии амплитудной модуляции.

Чтобы проследить происходящие в передатчике процессы, модуляцию начинают производить, нажимая и отпуская мембрану микрофона пальцем. В построенном макете при увеличении давления на мембрану анодный ток модулятора уменьшается. Однако модуляционный дроссель *Др*, обладающий большой индуктивностью, стремится поддержать силу проходя-

щего через него тока неизменной. В то время как миллиамперметр *1* отмечает значительное уменьшение тока модулятора, миллиамперметр *3* указывает на небольшое изменение силы тока в цепи дросселя, а миллиамперметр *2* показывает увеличение тока в анодной цепи генератора. Это в свою очередь приводит к увеличению амплитуды генерируемых колебаний высокой частоты (лампочки в цепи антенны загораются ярче). При отпускании мембраны микрофона наблюдаются обратные явления. Ток модулятора резко возрастает. Ток в дросселе увеличивается на малую величину. Ток генератора падает, и амплитуда высокочастотных колебаний также уменьшается.

Причина этих перераспределений токов кроется в модуляционном дросселе. Обращаясь к свойствам катушки индуктивности, напоминаем, что всякое изменение силы тока в ней порождает э. д. с. самоиндукции, препятствующую этому изменению. Поэтому, когда анодный ток модулятора уменьшается (нажимаем на мембрану), в дросселе возникает э. д. с. самоиндукции того же направления, что и э. д. с. анодной батареи. В результате увеличивается напряжение на анодах обеих ламп (наблюдать по вольтметру *4*). Увеличение напряжения на аноде генераторной лампы приводит к возрастанию ее анодного тока и амплитуды генерируемых ею колебаний. Когда же анодный ток модулятора увеличивается (отпускаем мембрану), в дросселе *Др* возникает э. д. с., направленная навстречу э. д. с. анодной батареи и снижающая анодное напряжение генератора. В результате анодный ток уменьшается и снижается амплитуда колебаний высокой частоты.

После этого объяснения изучаемый процесс иллюстрируется графиками с повторной демонстрацией работы макета.

УСТРОЙСТВО МАКЕТА. Принципиальная схема макета (фиг. 2) исключительно проста. Кроме выведенных наружу индикаторов, она содержит лишь два проволочных сопротивления. Лампочка $Л_2$ служит для подсвечивания синусоид в условном обозначении возбудителя. Все приборы макета — вольтметры на 6 *в* с перерисованными шкалами. У приборов *1*, *2*, *3* рисуются шкалы на 60 *ма*, у прибора *4* — на 300 *в*. Гнезда *М* автоматические. При выключении микрофона их пружины подключают сопротивление R_1, устанавливающее баланс токов модулятора и генератора.

Данные деталей схемы следующие: $Л_1$ — лампочки на 2,5 *в* и 0,075 *ма*; $Л_2$ — лампочка на 6,3 *в* и 0,25 *а*; $R_1 = 50$ *ом*; $R_2 = 30$ *ом*.

Литература

Книги

Г. М. Давыдов, Говорит Москва, Связьиздат, 1949.

Популярно излагаются основные принципы радиотехники и рассказывается, как происходят радиопередача и радиоприем.

Ф. Честнов, Радио сегодня, Воениздат, 1950.

В первой главе простым и доступным для начинающего радиолюбителя языком объясняются принципы радиотелефонной передачи и радиоприема.

Г. И. Бабат, Электричество работает, Госэнергоиздат, 1951.

В шестой главе «О волнах, о ситах, о разных других вещах, а главным образом, о дальней связи» говорится, по каким признакам разделяются электрические токи, как они фильтруются, что такое модуляция и демодуляция колебаний.

И П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1953.

Учебное пособие для радиокружков и самообразования.

С. А. Бажанов, Что такое радиолокация, Воениздат, 1948.

В пятой главе рассказывается о ламповых генераторах.

Статьи

Г. Давыдов, От микрофона до антенны, «Радио», 1950, № 1.

Ф. Честнов, Голос советского радио, «Знание сила», 1950, № 5.

С. Э. Хайкин, Как происходит радиопередача и радиоприем, «Радио», 1951, № 2.



ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

РАДИОСХЕМЫ

Как читать радиосхемы[1]

Есть области человеческой деятельности, где словами пользоваться неудобно. Музыканты, например, применяют ноты, математики пользуются алгебраическими выражениями, химики используют язык формул, инженеры-механики выражают свои мысли чертежами.

Электрики и радиотехники говорят схемами.

Схемы — это язык электрорадиотехники.

Схему можно читать примерно так, как мы читаем обычную книгу. По принципиальной схеме радиоприемника всякий, умеющий читать ее, без каких бы то ни было текстовых пояснений может точно определить не только все детали, входящие в состав данного приемника, но и роль и назначение каждой из них, порядок соединения этих деталей между собой, прохождение токов как в отдельных участках и узлах схемы, так и во всей схеме.

По принципиальной схеме можно определить класс приемника, его электрические особенности, достоинства и прочее. Словом, схема любого приемника или аппарата дает полное представление об его принципиальном устройстве и поэтому, руководствуясь только ею, можно построить приемник.

Но чтобы схемы любых радиоприемников или аппаратов были настолько доступны для чтения и понимания, как обычные печатные книги, надо знать схемный язык, надо уметь читать схемы. Для этого прежде всего необходимо изучить азбуку схемного языка, т. е. условные обозначения всех деталей, применяющихся в радиоаппаратуре. Эта азбука достаточно обширна, притом она по мере появления новых деталей пополняется новыми обозначениями. Запоминается эта азбука сравнительно легко и быстро в процессе практического ее изучения.

Основные схемные обозначения, пользуясь которыми можно приступить к чтению принципиальных радиосхем, приведены на стр. 72—77.

Здесь следует остановиться на условных обозначениях величин некоторых деталей.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР. Основным электрическим параметром его является емкость. В формулах емкость обозначают латинской буквой *C*. На схемах около каждого символического изображения конденсатора стоит буква *C*, а чтобы отличить один конденсатор от другого, к этой букве прибавляется индекс (C_1, C_2 и т. д.).

Чтобы не загромождать радиосхемы, вместо полных наименований величин емкости конденсаторов применяют следующие сокращенные обозначения.

Емкость конденсаторов от 1 до 999 пикофарад (микромикрофарад) обозначается числом, соответствующим их емкости в пикофарадах.

Емкость конденсаторов от 1 000 до 99 000 пикофарад обозначается числом, соответствующим количеству тысяч пикофарад с буквой *T* или *m*.

Емкость конденсаторов от 100 000 пикофарад и выше обозначается в долях микрофарад или целых микрофарадах без наименования.

Если емкость конденсатора равна целому числу микрофарад, то для отличия от обозначения емкости в пикофарадах в этом случае после цифры ставится запятая и нуль.

На чертежах обозначения емкостей надо читать так:

C_1 65	$C_1 = 65$ *пф*
C_2 3 *m*	$C_2 = 3\,000$ *пф*
C_3 5,5 *m*	$C_3 = 5\,500$ *пф*
C_4 0,3	$C_4 = 0,3$ *мкф*
C_5 4,0	$C_5 = 4$ *мкф*

[1] По разным источникам.

КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ. Эта деталь обозначается латинской буквой L. На схемах, где изображено несколько катушек, около каждой из них ставится буква L с индексами (L_1, L_2, L_3 и т. д.).

СОПРОТИВЛЕНИЕ. Единица электрического сопротивления ом иногда обозначается греческой буквой Ω (омега).

В радиотехнической аппаратуре часто применяются сопротивления больших величин. Для измерения их сопротивления пользуются единицами: мегом (*мгом*), т. е. миллион ом, или килоом (*ком*) — тысяча ом. Изображения сопротивления на схемах сопровождаются латинской буквой R. Если на схеме много сопротивлений, то их обозначения так же, как и у конденсаторов, снабжаются индексами (R_1, R_2 и т. д.).

Часто на схемах применяют следующие упрощенные обозначения величины сопротивлений.

Величины сопротивлений от 1 до 999 *ом* обозначаются числом, соответствующим их величине в омах, без наименования ом.

Величины сопротивлений от 1 000 до 99 000 *ом* обозначаются числом, соответствующим числу тысяч ом, с буквой *Т* или *т*.

Величины сопротивлений от 100 000 *ом* и больше обозначаются в мегомах или их долях без наименования *мгом*.

Если величина сопротивления равна целому числу мегом, то для отличия от обозначения величины сопротивлений в омах после цифры ставятся запятая и нуль.

На чертежах обозначчния сопротивлений надо читать так:

R_1 800	$R_1 = 800$ *ом*
R_2 40 *т*	$R_2 = 40\,000$ *ом*
R_3 1,7 *т*	$R_3 = 1\,700$ *ом*
R_4 0,2	$R_4 = 0{,}2$ *мгом*
R_5 2,0	$R_5 = 2$ *мгом*

Принципиальная и монтажная схема[1]

Принципиальная схема не дает никаких указаний ни о самой конструкции, ни о внешнем оформлении аппарата. Эти вопросы решает по своему усмотрению конструктор, руководствуясь общими правилами конструирования и монтажа, производственными возможностями, наличием материалов и радиодеталей, общей стоимостью приемника и т. д.

[1] По разным источникам.

Можно создать десятки приемников, которые по внешнему виду и конструкции не будут похожи друг на друга, но по своей принципиальной схеме и электрическим качествам они будут представлять собой один и тот же приемник.

Таким образом, для опытного конструктора основным документом, дающим полную характеристику радиоприемника, является его принципиальная схема.

Для радиолюбителей, не обладающих достаточным опытом конструирования радиоаппаратуры, кроме принципиальной, дается еще и монтажная схема приемника.

Монтажная схема — это рабочий чертеж, являющийся в известной мере как бы фотографическим изображением всего монтажа приемника. На ней даются не только изображение и размеры каждой детали аппарата, но и порядок их размещения и взаимного расположения на шасси, а также подлинное расположение всех соединительных проводников схемы.

Таким образом, монтажная схема дает точное отображение конструкции аппарата и поэтому по ней можно его скопировать. Но она не дает возможности судить о рабочих и электрических качествах и особенностях конструкции. Проследить по ней прохождение токов во всех цепях аппарата даже при тщательном изучении схемы очень трудно. Для этого неизбежно приходится прибегать к помощи принципиальной схемы.

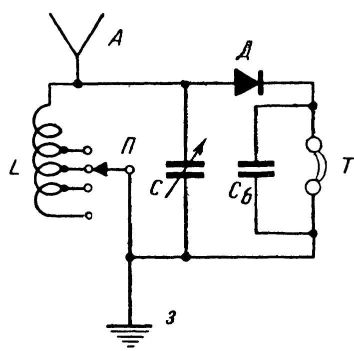
Расшифровка радиосхем[1]

Любой радиоприемник или передатчик состоит из группы деталей, соединенных проводниками в определенной комбинации в соответствии с его принципиальной схемой, поясняющей принцип его действия.

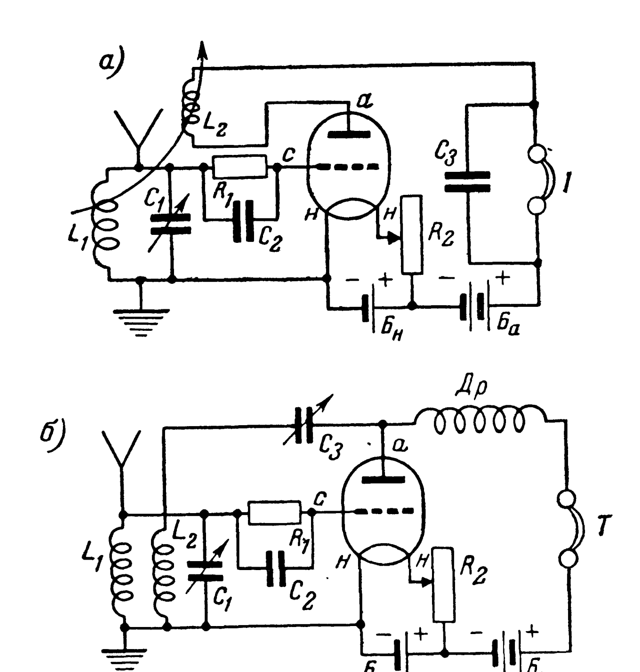
Для наглядности мы будем сопоставлять радиосхему с пространственным рисунком соответствующего аппарата. В действительности же аппарат имеет совсем иной вид: все детали расстанавливаются так, чтобы аппарат имел возможно меньшие размеры и был удобным в обращении.

Собирая радиоприемник по принципиальной схеме, детали необходимо расставлять определенным образом, например, избегая взаимной близости некоторых из них, устраняя взаимное влияние деталей путем помещения между ними экрана и т. д. Это необходимо потому, что каж-

[1] С. М. Герасимов, Как читать радиосхемы, Госэнергоиздат, 1948.



Фиг. 1. Принципиальная схема детекторного приемника.



Фиг. 3. Схемы одноламповых регенеративных приемников.

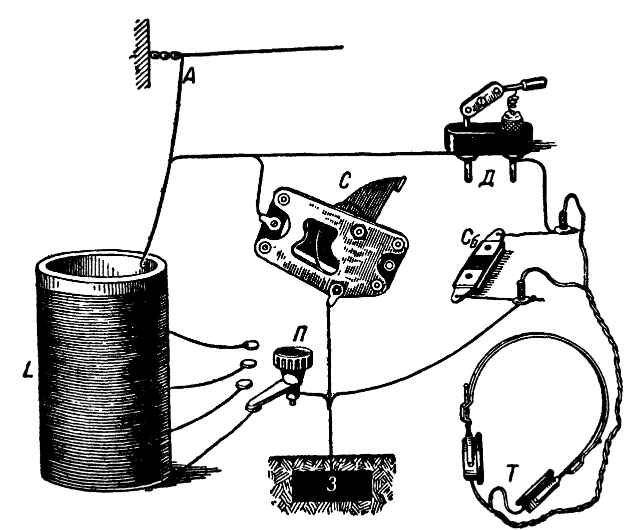
дый проводник, каждая деталь приемника находятся под определенным напряжением и несут электрический ток; следовательно, вокруг всякого проводника в приемнике образуются электрическое и магнитное поля, а переменные электрическое или магнитное поля, действуя на другой проводник, создают в нем электрические токи. Это следует иметь в виду, собирая приемник по принципиальной схеме. Необдуманное расположение деталей может создать между отдельными элементами очень вредные связи.

ДЕТЕКТОРНЫЙ РАДИОПРИЕМНИК. Схема простейшего детекторного приемника показана на фиг. 1, а пространственный рисунок этой схемы — на фиг. 2.

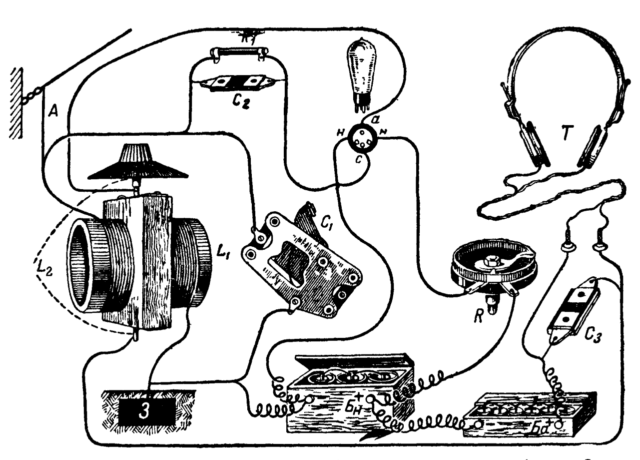
В схему приемника входят: антенна *А*, заземление *З*, катушка *L*, конденсатор переменной емкости *С*, детектор *Д*, телефон *Т* и блокировочный конденсатор постоянной емкости $C_б$.

Катушка *L* и конденсатор *С* составляют колебательный контур, с помощью которого производится настройка на ту или иную радиостанцию. Так как к емкости и индуктивности контура добавляются сопротивление, емкость и индуктивность антенны, то последняя влияет на настройку приемника и на его избирательность. Настройка приемника производится переключателем *П* и конденсатором переменной емкости *С*.

В некоторых типах детекторных приемников плавная настройка осуществляется плавным изменением индуктивности катушки контура (с помощью вариометра). Грубая же настройка производится переключением числа витков неподвижной катушки вариометра.



Фиг. 2. Пространственное изображение схемы фиг. 1.



Фиг. 4. Пространственное изображение схемы фиг. 3,*а*.

ОДНОЛАМПОВЫЙ РЕГЕНЕРАТОР. Простейшим ламповым приемником является одноламповый регенератор. На фиг. 3 приведены два наиболее распространенных варианта схемы одролампового регенератора.

В схеме фиг. 3,*а* обратная связь и ее регулировка осуществляются с помощью катушки L_2, индуктивно связанной с катушкой L_1. Пространственное изображение этой схемы приведено на фиг. 4.

В схеме фиг. 3,*б* обратная связь также осуществляется катушкой L_2, но регулировка величины обратной связи производится здесь изменением емкости конденсатора C_3. Катушки L_1 и L_2 располагаются неподвижно.

В этой схеме есть дроссель высокой частоты *Др*, назначение которого заключается в повышении сопротивления для токов высокой частоты цепи телефон *Т* — батарея анода $Б_a$. Если бы это сопротивление было невелико, то токи высокой частоты направлялись бы по этой цепи, а не по катушке обратной связи и обратную связь осуществить было бы невозможно.

Следовательно, анодный ток в этой схеме направляется по двум цепям: по одной проходит постоянный ток и ток низкой частоты, а по другой — только ток высокой частоты.

Литература

Книги

С. М. Герасимов, Как читать радиосхемы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1948.

Г. М. Давыдов и В. В. Шипов, Учитесь читать радиосхемы, Связьиздат, 1951.

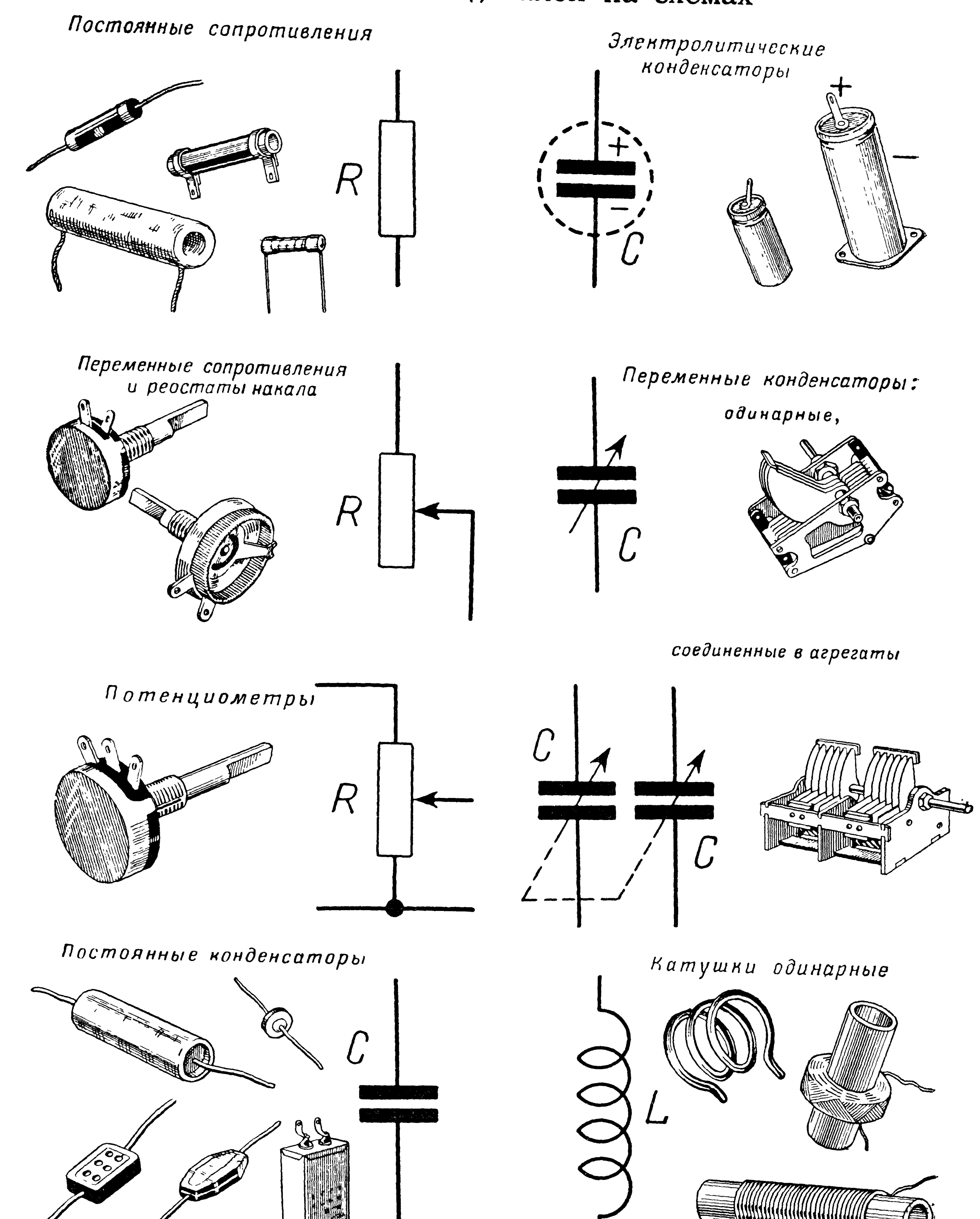
Статьи

И. И. Спижевский, Принципиальная и монтажная схемы, «Радио», 1946, № 4/5.

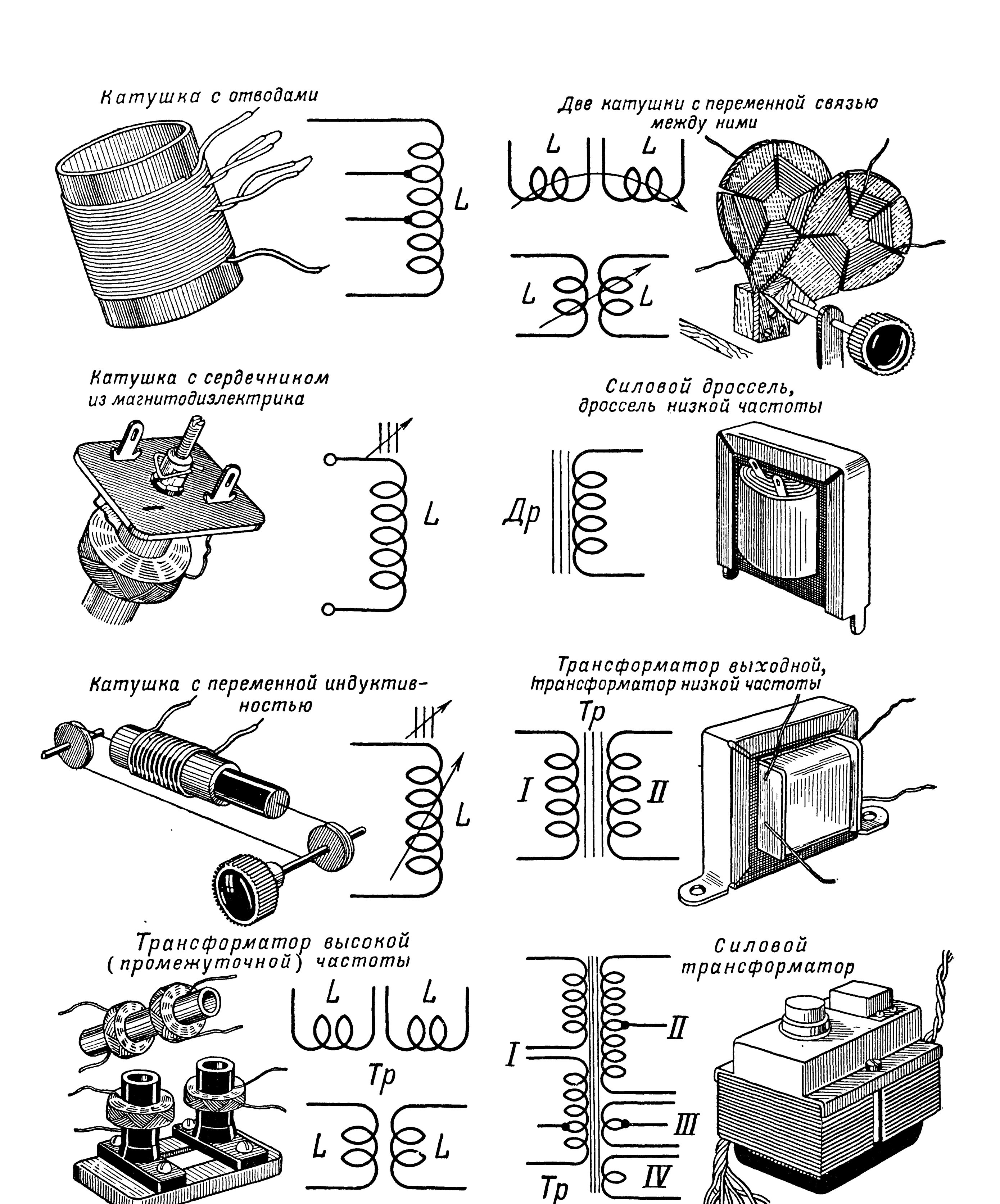
Как читать радиосхемы, «Радио», 1946, № 2.

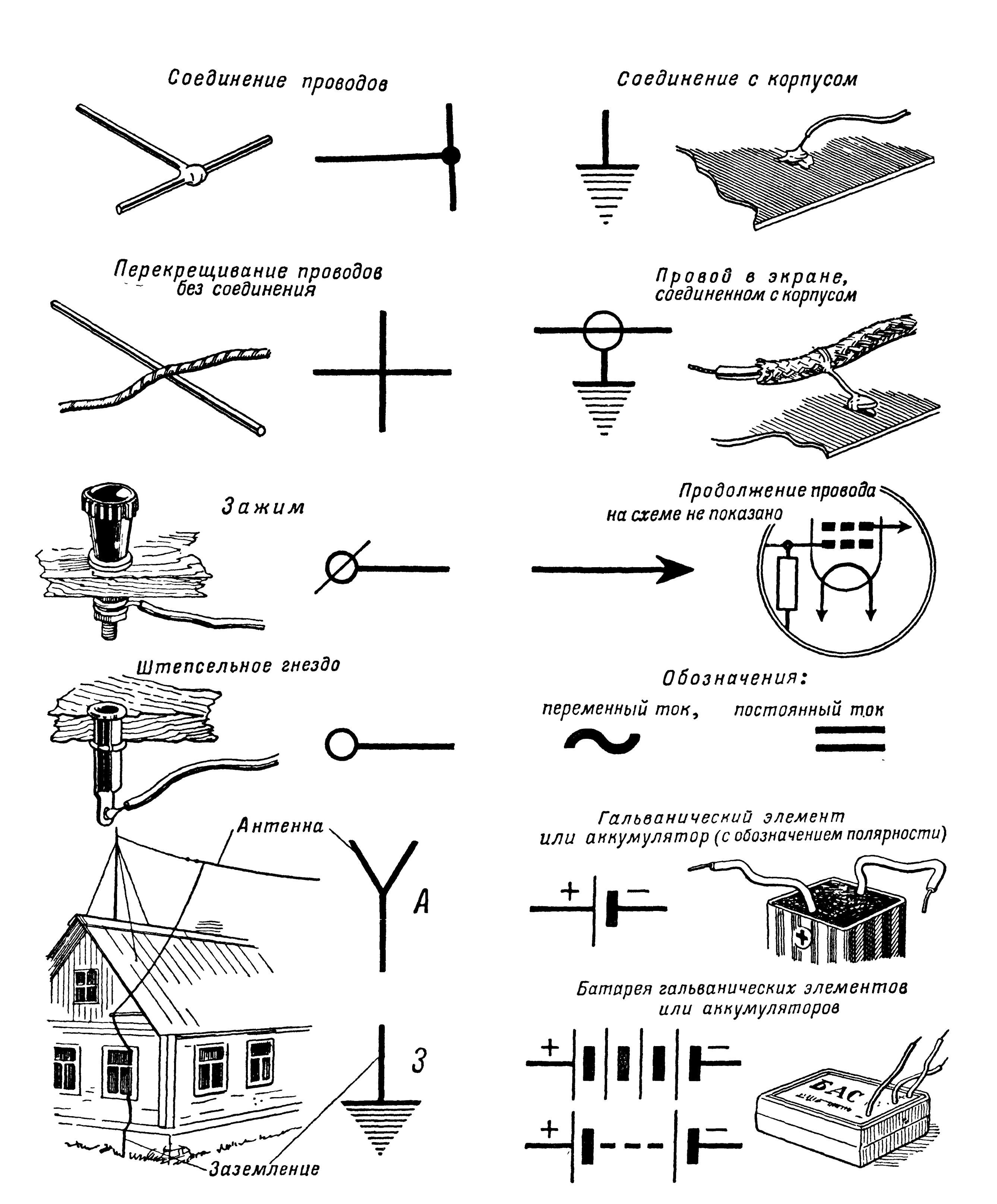


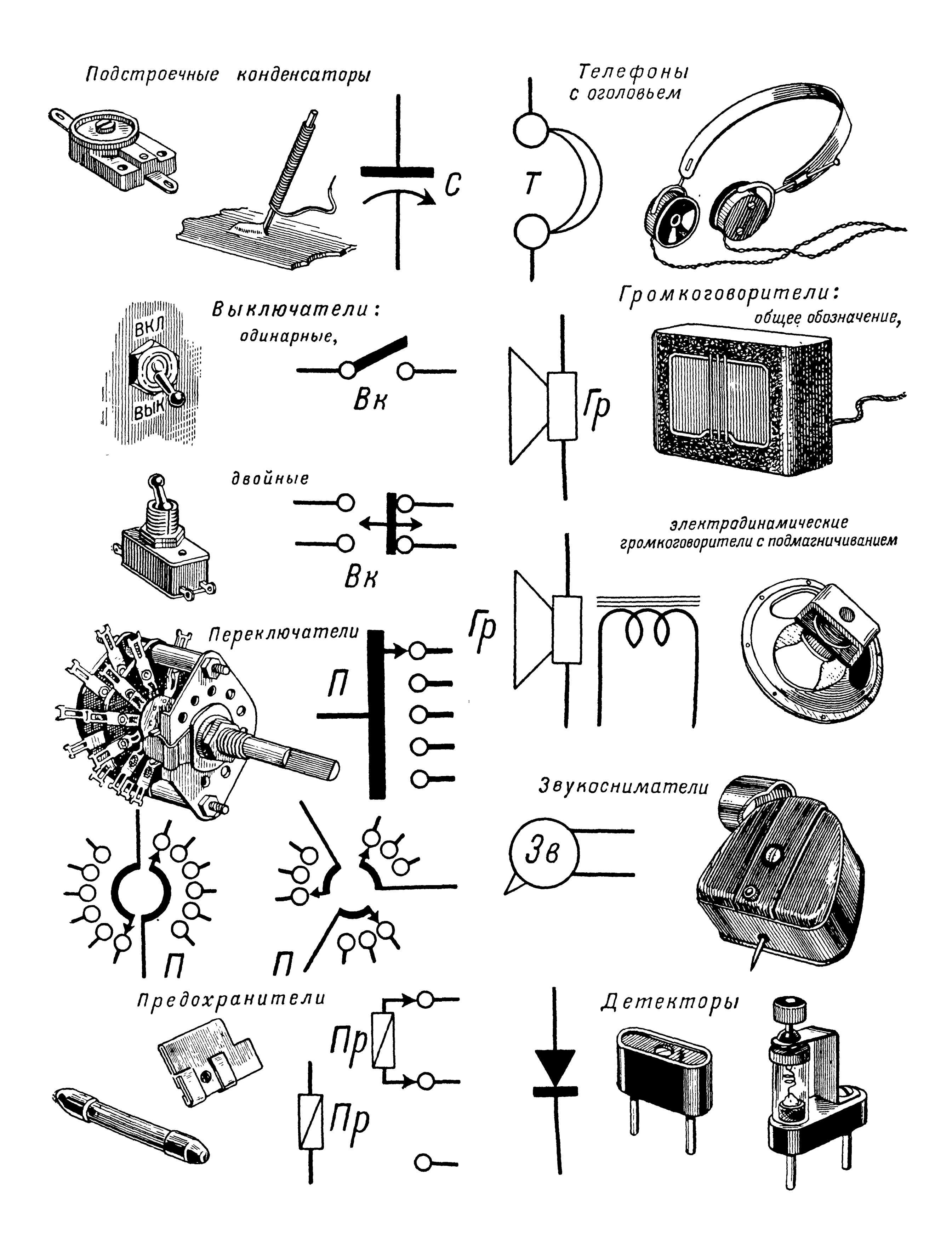
Обозначения деталей на схемах[1]



[1] «Радио», 1951, № 1, 2, 3, 4, 6 и 7.


Катушка с отводами
L
Две катушки с переменной связью между ними
L
L
L
L
Катушка с сердечником из магнитодиэлектрика
L
Силовой дроссель, дроссель низкой частоты
Др
Катушка с переменной индуктивностью
L
Трансформатор выходной, трансформатор низкой частоты
Тр
I
II
Трансформатор высокой (промежуточной) частоты
L
L
Тр
L
L
Силовой трансформатор
I
II
III
IV
Тр


Соединение проводов
Соединение с корпусом
Перекрещивание проводов без соединения
Провод в экране, соединенном с корпусом
Зажим
Продолжение провода на схеме не показано
Штепсельное гнездо
Обозначения:
переменный ток,
постоянный ток
Антенна
А
Гальванический элемент или аккумулятор (с обозначением полярности)
+
–
Батарея гальванических элементов или аккумуляторов
З
Заземление
БАС

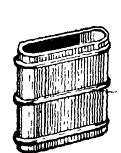
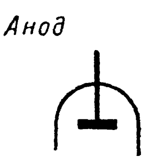

Подстроечные конденсаторы
С
Телефоны
с оголовьем
Т
Выключатели:
одинарные,
ВКЛ
ВЫК
Вк
Громкоговорители:
общее обозначение,
Гр
двойные
Вк
электродинамические
громкоговорители с подмагничиванием
Гр
Переключатели
П
П
П
Звукосниматели
Зв
Предохранители
Пр
Пр
Детекторы

Основные электроды радиоламп

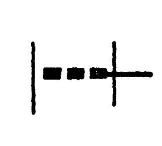
Баллон лампы



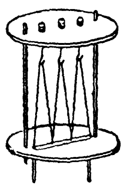
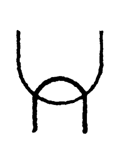
Анод

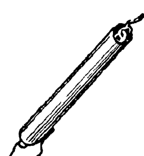
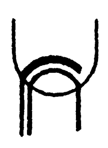
Сетка

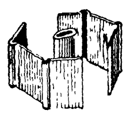
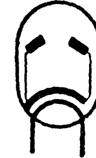
Катод прямого накала

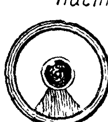
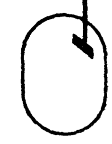
Катод косвенного накала (подогревный)

Экран в лучевой лампе

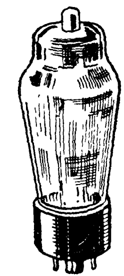
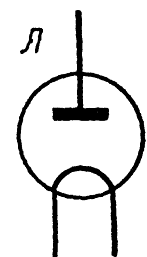
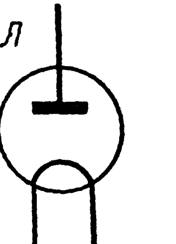



Светящийся экран в оптическом указателе настройки

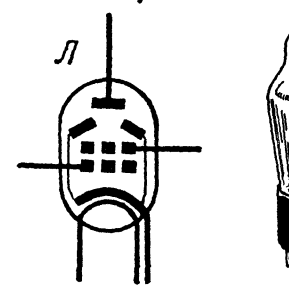



Основные типы радиоламп

Диод или одноанодный кенотрон

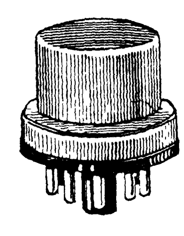
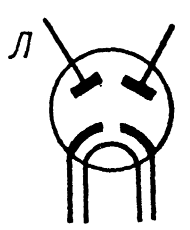




Лучевой тетрод

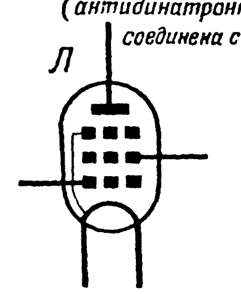




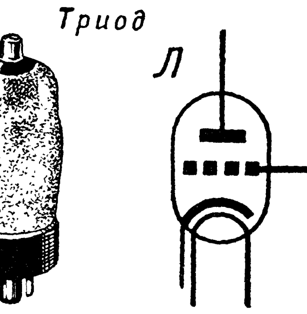
Двойной диод или двуханодный кенотрон с разделенными катодами

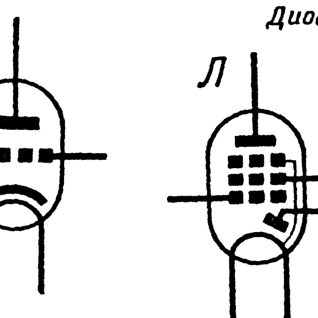
Пентод (антидинатронная сетка соединена с катдом)

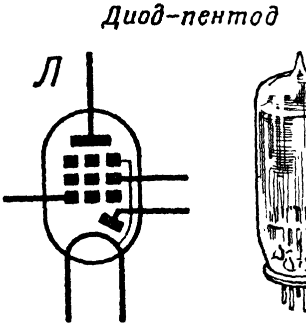


Триод

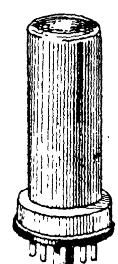
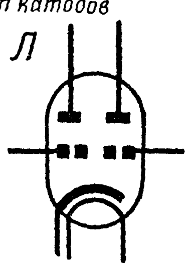


Диод-пентод

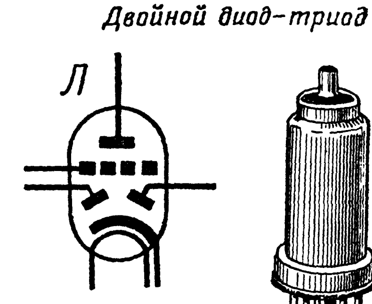


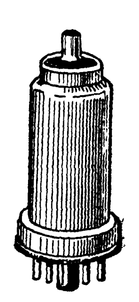


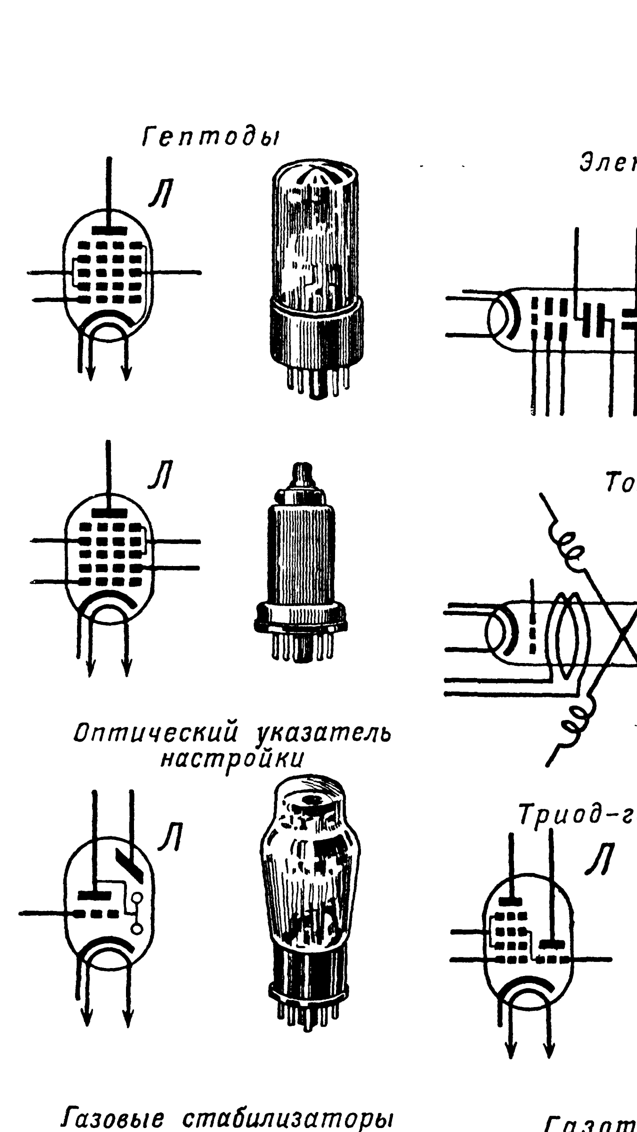
Двойной триод с общим выводом от катодов

Двойной диод-триод







Электронно-лучевые трубки с электро-
статическим отклонением

Л

Тоже с электромагнитным отклонением

Л

Триод-гексод

Л

Фотоэлементы:

вакуумные

ФЭ

газовые

Газовые стабилизаторы

Л

Газотроны

Л

Газовые разрядники

Р

Неоновые лампы

Л

Тиратроны

Л

Лампочки накаливания

Л

ГЛАВА ПЯТАЯ

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

Первые радиолюбительские детекторные приемники[1]

За годы развития советского радиолюбительства в наших радиолюбительских журналах описано около ста различных конструкций самодельных детекторных приемников.

В этом обилии конструкций нет ничего удивительного. Детекторный приемник дешев, не требует источников питания, дает очень чистый и уверенный прием наших мощных радиостанций и поэтому он является не только желанным гостем в доме сельского радиолюбителя, но и первой конструкцией начинающих радиолюбителей в городе и обязательной практической работой в каждом радиокружке.

Детекторные приемники до сих пор не утратили своего значения для радиофикации страны. Наоборот, в районах, где еще не прошла электрификация, они получают большое распространение. Достаточно сказать, что в Омской области с июня 1949 по май 1951 г. установлено 63 000 детекторных радиоприемников в домах колхозников.

В истории развития советского радиолюбительства первые детекторные приемники сыграли большую роль. С них началась практическая, конструкторская деятельность многих тысяч энтузиастов радиотехники.

ПРИЕМНИК ОГАНОВА. Первым приемником советских радиолюбителей считается детекторный радиоприемник конструкции инж. Н. И. Оганова, описанный в первом номере журнала «Радиолюбитель», вышедшем 15 августа 1924 г.

Схема и общий вид этого приемника показаны на фиг. 1.

Приемник имеет следующие детали: катушку L, состоящую из двух равных частей, два конденсатора постоянной емкости C и $C_б$ и детектор $Д$.

Катушка наматывается на болванке или бутылке диаметром 8 *см* проволокой диаметром 0,5 ÷ 0,8 *мм*, имеющей любую изоляцию. Обе половины катушки наматываются на некотором расстоянии друг от друга в одном направлении. При переходе с одной катушки на другую надо оставить запас провода в 3—5 *см*. По окончании намотки одна половина катушки снимается с болванки и обматывается для прочности ниткой или изоляционной лентой. Затем также поступают со второй половиной катушки.

Для станций длинноволнового диапазона обе половины катушки должны иметь по 60, а для средних волн по 20 витков. При работе с антенной средних размеров (длиной 20—30 *м* и высотой 8—10 *м*) емкость конденсатора C берется от 190 до 600 *пф*. Наименьшая емкость соответствует волне 250 *м* для средневолнового и 650 *м* для длинноволнового диапазона. Емкость 600 *пф* дает соответственно волны 800 и 1 700 *м*.

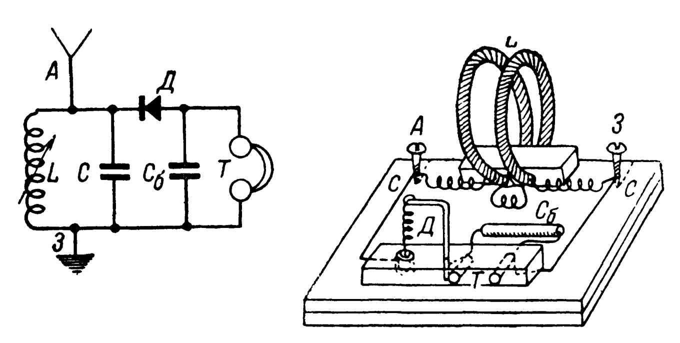
Блокировочный конденсатор $C_б$ имеет емкость примерно 1 500 *пф*.

После изготовления приемника к нему присоединяют антенну $А$, заземление $З$, включают телефонные трубки $Т$ и затем отыскивают чувствительную точку на детекторе $Д$. Услышав работу станции, подстраиваются на нее путем сближения или удаления катушек L.

ПРИЕМНИК ШАПОШНИКОВА. Этот приемник впервые был описан в журнале «Радиолюбитель» № 7 за 1924 г. под названием «Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1 500 *м*».

Приемник конструкции инж. С. И. Шапошникова с честью выдержал испытание в течение четверти века. Он неоднократно описывался в различных технических журналах, переделывался в ламповый, объединялся с усилителем

[1] По разным источникам.



Фиг. 1. Схема и общий вид приемника Оганова.

низкой частоты. Его описание издавалось отдельными брошюрами, в виде плакатов и приводится почти во всех книжках, посвященных детекторным приемникам.

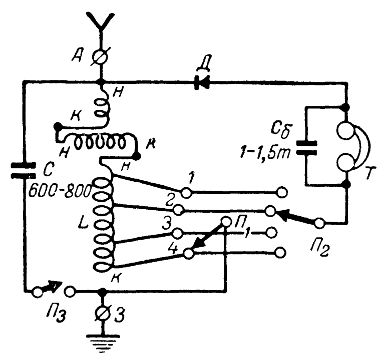
Популярность этого приемника вполне заслуженная. В нем удачно сочетаются хорошие электрические качества с простотой изготовления и поэтому он до сих пор имеет большое распространение среди радиолюбителей.

Настройка в приемнике осуществляется изменением индуктивности: грубая с помощью ползункового переключателя, а плавная — вариометром.

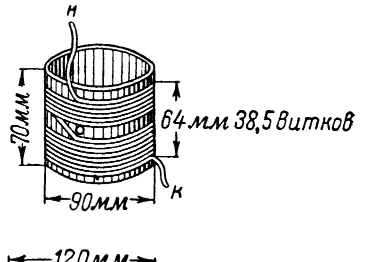
Многие радиолюбители начинали свой конструкторский путь в радиотехнике именно с этого приемника.

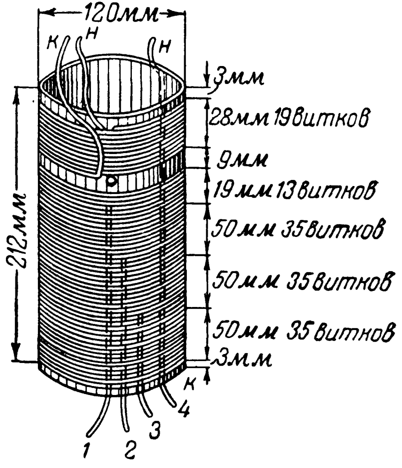
Схема приемника приведена на фиг. 2. В этой схеме L — вариометр (описание дано ниже), C — конденсатор контура емкостью 600—800 *пф*, $C_б$ — блокировочный конденсатор емкостью 1 000—1 500 *пф*, $П_1$ — переключатель настройки, $П_2$ — переключатель связи с детектором, $П_3$ — выключатель конденсатора C, T — телефонные трубки, $Д$ — детектор.

Вариометр L состоит из двух катушек, из которых меньшая вращается внутри большой. Катушки соединены между собой последовательно. Для намотки катушек употребляется провод в бумажной изоляции, имеющий диаметр вместе с оплеткой около 1,5 *мм*. Способ



Фиг. 2. Принципиальная схема приемника Шапошникова.





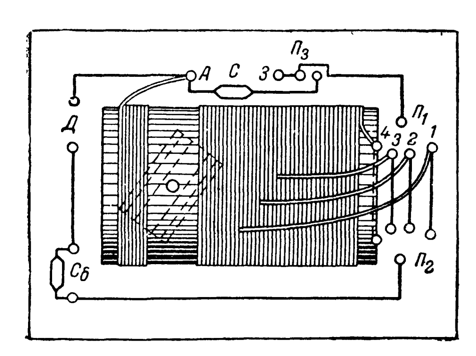
Фиг. 3. Устройство и данные катушек приемника Шапошникова.

намотки катушек и их размеры показаны на фиг. 3. Ось для вращения малой катушки деревянная, причем вдоль нее делаются канавки для вывода проводников *н* (начало) и *к* (конец) малой катушки.

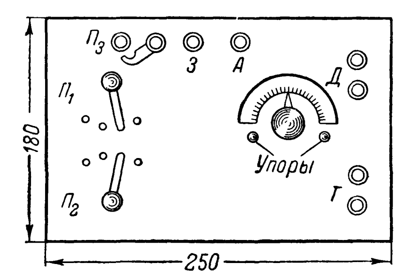
Эти выводы сначала пропускают внутрь каркаса подвижной катушки и затем пропускают один конец через одно, а второй через другое отверстие для оси. После этого подвижную катушку вкладывают внутрь неподвижной и провод *н* обмотки продевают через верхнее отверстие большой катушки, а провод *к* — через нижнее отверстие, после чего через все четыре отверстия пропускают ось. Последнюю приклеивают к подвижной катушке столярным клеем и аккуратно закладывают выводы в канавки оси. Подвижная катушка должна легко вращаться внутри большой, не задевая ее стенок. Выводы подвижной катушки соединяют с выводами неподвижной в соответствии со схемой фиг. 2. Для соединения выводов требуется гибкий провод, так как иначе от частых перегибов при вращении катушки проводники быстро ломаются.

Изготовленная катушка укрепляется на внутренней стороне лицевой панели приемника. Крепление делается при помощи двух картонных полосок.

Для предохранения концов подвижной катушки от перекручивания необходимо устано-



Фиг. 4. Монтажная схема приемника.



Фиг. 5. Примерное расположение деталей на крышке приемника.

вить упоры, которые не должны допускать вращение ручки этой катушки более чем на половину окружности (180°).

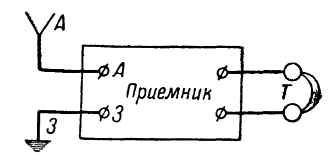
Монтажная схема приемника изображена на фиг. 4, а примерное расположение деталей на панели приемника сверху приведено на фиг. 5.

Изготовление детекторного приемника — это первая ступень радиолюбительства. Изучая устройство и принцип работы детекторного приемника и его основных деталей, знакомясь попутно с устройством антенны и заземления, начинающий радиолюбитель приобретает необходимые знания для перехода к ознакомлению с ламповым приемником.

Как работает детекторный приемник[1]

Детекторные радиоприемники работают только за счет энергии принятого сигнала. Они очень просты по своему устройству, не имеют радиоламп и поэтому не требуют электроэнергии для питания.

«Детекторным» такой приемник назван потому, что у него в отличие от лампового приемника для преобразования электрических модулированных колебаний высокой частоты в колебания звуковой частоты применяется не лампа, а кристаллический или меднозакисный детектор.



Фиг. 1. Детекторная приемная установка.

Простота конструкции и дешевизна делают детекторный приемник наиболее доступным для самостоятельного изготовления.

Детекторная приемная установка состоит из антенны A, заземления $З$, самого приемника и головных телефонов T (фиг. 1).

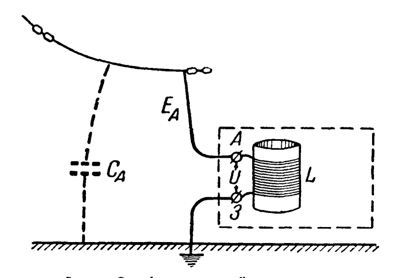
Антенна относительно земли обладает некоторой электрической емкостью C_A. Упрощая, можно сказать, что одной обкладкой этой емкости C_A служит горизонтальная часть антенны, а другой — земля (являющаяся проводником электричества), электрический контакт с которой осуществляется посредством провода заземления.

Антенный контур состоит из антенны, входной цепи приемника и заземления (фиг. 2).

Под воздействием электромагнитного поля передающей радиостанции в антенном контуре приемника возникает переменный ток такой частоты и с таким же характером изменения амплитуд, как у самого поля. Поскольку входная цепь радиоприемника (катушка L) входит в антенный контур, то ток антенны, протекающий через катушку L, будет создавать на концах этой катушки, т. е. между зажимами A и $З$, некоторое переменное напряжение U.

Чем сильнее электромагнитное поле в месте приема, чем больше высота подвеса антенны и ее длина, тем бóльшая э. д. с. E_A будет возбуждаться в ней; в соответствии с этим и тем бóльшее переменное напряжение U будет создаваться на входе приемника.

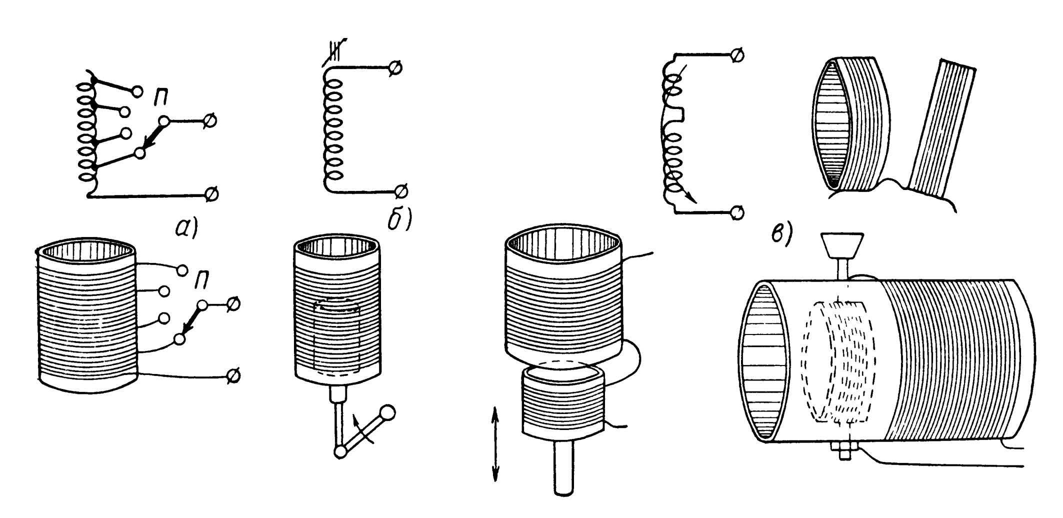
Сила (напряженность) электромагнитного поля в пункте приема зависит от мощности передающей радиостанции, от расстояния до



Фиг. 2. Антенный контур.

---

[1] П. Голдованский, «Радио», 1950, № 2 и 3.



Фиг. 3. Схемы изменения индуктивности катушек.

нее и от условий распространения радиоволн. Чем больше мощность радиостанции и чем ближе она находится от места приема, тем сильнее будет принимаемый сигнал.

Хотя увеличение размеров антенного устройства и приводит к усилению принимаемого сигнала, однако практически эти размеры нельзя увеличивать больше определенного предела по следующим причинам. Большая антенна представляет собой довольно сложное и дорогое сооружение. С увеличением высоты подвеса и длины антенны возрастают не только сила полезного сигнала, но и атмосферные помехи. И, наконец, очень большие антенны, как это будет разъяснено ниже, затрудняют настройку приемника и ухудшают его свойства.

Поэтому нормальной антенной для детекторного приемника считают Г-образную или Т-образную антенну с общей длиной не более 40—60 *м* (длина горизонтальной части до 30—50 *м* и высота подвеса над крышами зданий 6—8 *м*). Об устройстве антенны и заземления см. стр. 90.

ПРИЕМНЫЙ КОНТУР. Первым из основных элементов схемы всякого радиоприемника, в том числе и детекторного, является входной приемный контур. Его назначение состоит в том, чтобы из многих колебаний, возникающих в приемной антенне под воздействием радиоволн разных радиостанций, выделять только сигналы нужной нам станции.

Входная цепь простейшего детекторного приемника — это обычно катушка индуктивности. Тогда приемный колебательный контур образуется из емкости антенна — земля C_A и индуктивности провода антенны и катушки L. Схема такого контура показана на фиг. 2.

Чтобы принять какую-либо радиостанцию, нужно приемный контур настроить на ту частоту, на которой данная станция работает. Эту операцию выполняет всякий радиолюбитель, когда он, вращая ручку приемника, «ловит» какую-либо радиостанцию. При вращении ручек изменяется величина емкости или индуктивности, входящих в приемный контур, и вместе с тем изменяется и частота собственных колебаний этого контура. Когда частота собственных колебаний приемного контура совпадет с частотой принимаемой станции, наступает резонанс, и именно в этом положении амплитуда вынужденных колебаний в контуре получится наибольшей и поэтому принимаемая станция будет слышна наиболее громко.

Так осуществляется настройка радиоприемника.

На фиг. 2 изображен приемный контур, состоящий из емкости антенны C_A и катушки L, величины которых неизменны. Такой контур настроен в резонанс на какую-то одну частоту и, следовательно, только сигналы этой частоты будут возбуждать в нем сильные колебания. Поэтому данная схема для практических целей мало пригодна, так как она способна принимать сигналы только одной радиостанции.

Чтобы настраивать приемный контур на разные частоты, необходимо иметь возможность плавно изменять величины емкости или индуктивности. Для этих целей в приемных контурах применяют либо переменные индуктивности, либо переменные емкости. Изменять величину индуктивности можно либо сменой катушек, либо изменением при помощи переключателя *П* числа витков катушки (фиг. 3,*а*), либо перемещением внутри катушки специаль-

ного сердечника из магнитодиэлектрика (фиг. 3,*б*), или же, наконец, путем плавного изменения взаимного расположения двух последовательно соединенных катушек (фиг. 3,*в*).

Схема фиг. 3,*а* позволяет изменять индуктивность катушки скачками путем включения в цепь большего или меньшего числа витков, а схема фиг. 3,*б* дает плавное изменение индуктивности путем перемещения внутри катушки сердечника. Сердечник, введенный в катушку, усиливает ее магнитный поток. Поэтому общее число магнитных силовых линий, пересекающих витки обмотки, возрастает, что и вызывает повышение индуктивности.

Во избежание больших потерь принятой энергии на образование вихревых токов и выделение тепла в сердечнике последний изготовляется из особого материала (магнетит, альсифер, карбонильное железо), специально предназначенного для работы в магнитных полях высокой частоты.

В схеме фиг. 3,*в* плавная регулировка индуктивности осуществляется изменением взаимного влияния магнитных полей двух последовательно соединенных катушек — подвижной и неподвижной. Если такие катушки расположены рядом или одна внутри другой и направления витков у них совпадают, то общая индуктивность такой пары катушек будет равна сумме их индуктивностей плюс еще некоторая дополнительная индуктивность, появляющаяся за счет воздействия магнитных полей катушек друг на друга.

Если подвижную катушку удалить или повернуть так, чтобы магнитные поля обеих катушек не складывались и не взаимодействовали, то общая индуктивность цепи будет равна только сумме индуктивностей этих катушек. Наконец, если изменить направление витков подвижной катушки, повернув ее вокруг своей оси на 180°, и вновь приблизить ее к неподвижной катушке, то общая индуктивность цепи уменьшится. Это объясняется тем, что противоположно направленные магнитные поля обеих катушек будут ослаблять друг друга и тем самым уменьшать общую индуктивность цепи. Такая конструкция катушки переменной индуктивности называется вариометром. У вариометра обычно подвижная катушка помещается внутри неподвижной и вращается вокруг оси.

С помощью вариометра, изменяющего индуктивность приемного контура, производится настройка последнего на разные частоты в пределах определенного диапазона. Для перехода с одной частоты на другую в пределах широкого диапазона одновременно используют и скачкообразную и плавную регулировку индуктивности.

Можно менять настройку контура и путем изменения величины его емкости. Простейшим способом изменения емкости является включение в антенную цепь дополнительных конденсаторов. Известно, что при параллельном включении конденсаторов общая емкость всегда равна сумме емкостей, а при последовательном соединении общая емкость уменьшается и всегда становится меньше, чем у конденсатора с наименьшей емкостью. Следовательно, включая в антенную цепь последовательно или параллельно дополнительные конденсаторы, можно изменять настройку контура.

Если включаются конденсаторы постоянной емкости, то изменение настройки получается скачкообразное. Если же в схему вводится конденсатор, емкость которого можно плавно изменять (конденсатор переменной емкости), то и настройка контура будет изменяться плавно.

Всякий приемный контур должен обеспечивать прием заданных определенных станций, т. е. должен перекрывать определенный диапазон частот. Например, для приема радиовещательных станций длинных и средних волн контур должен обеспечивать возможность настройки на любую из частот, лежащих в диапазоне от 150 до 1 500 *кгц*. Отношение максимальной принимаемой частоты к минимальной называется *коэффициентом перекрытия диапазона по частоте* и показывает, во сколько раз изменяется частота. Для нашего примера коэффициент перекрытия равен 1 500 : 150 = 10.

Такое перекрытие практически получить нелегко. В схемах, которые мы рассмотрели, коэффициент перекрытия обычно бывает не выше 2—3. Поэтому и прибегают либо к смене катушек, либо к переключению числа их витков и тем самым разбивают весь диапазон частот на несколько поддиапазонов.

Теперь легко понять, почему большие антенны затрудняют настройку приемного контура. Так как громоздкие антенны обладают большой емкостью, то они снижают коэффициент перекрытия контура. Кроме того, они вносят значительные потери.

Мы рассмотрели условия получения наибольшей амплитуды колебаний высокой частоты в антенном контуре приемника.

Теперь принятый радиосигнал надо еще преобразовать в слышимые ухом звуковые колебания. Эту задачу выполняет последующая часть схемы приемника — детекторная цепь, состоящая из детектора и телефонных трубок.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И ДЕТЕКТОРЫ. Детектором называют прибор, преобразующий электрические модулированные колебания высокой частоты в колебания звуковой (низкой) частоты.

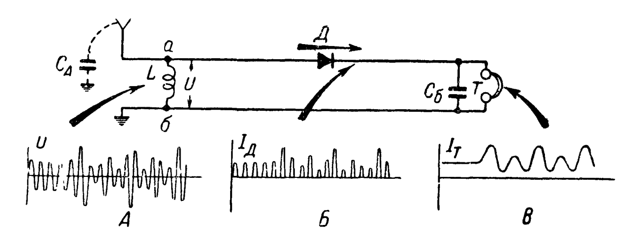
В качестве детектора может быть использовано любое устройство, обладающее односторонней проводимостью для электрического тока, так как процесс детектирования по существу сводится к выпрямлению высокочастотных модулированных переменных токов. В результате выпрямления эти высокочастотные токи превращаются в импульсы тока, постоянного по направлению, но изменяющегося по величине.

Проследим процесс детектирования по типовой схеме детекторного радиоприемника, изображенной на фиг. 4. Характер изменения переменного напряжения U, возникающего на концах катушки L приемного контура (точки a и $б$), показывает кривая A. Частота колебаний этого напряжения остается постоянной, но амплитуда их изменяется соответственно колебаниям тока микрофона передающей радиостанции.

Это напряжение U подводится к детекторной цепи приемника, состоящей из детектора $Д$ и последовательно соединенных с ним головных телефонов T, зашунтированных постоянным конденсатором $C_б$.

Детектор обладает различной проводимостью в двух направлениях, т. е. он пропускает ток в одном направлении во много раз лучше, чем в обратном. Поэтому в детекторной цепи ток будет протекать импульсами в одну сторону. Форма тока $I_Д$, протекающего через детектор, изображена кривой $Б$. Когда передающая радиостанция излучает немодулированные колебания (с неизменной амплитудой), то переменное напряжение в точках a и $б$ приемного контура также имеет одинаковые амплитуды. Импульсы тока в детекторной цепи будут одинаковые и, следуя один за другим очень быстро, они создают в цепи телефона эффект, равноценный некоторому постоянному току, вследствие чего намагничивание телефонов несколько изменится. Но это вызовет только изменение положения мембраны телефона, а никакого звука не будет.

Другое дело, если амплитуда переменного напряжения U будет изменяться, что имеет место при приеме модулированных колебаний. В этом случае импульсы тока в детекторной цепи, а значит и в телефонах, хотя имеют и постоянное направление, но по своей силе они изменяются, возрастая и уменьшаясь в соответствии с изменениями тока микрофона передающей станции. Импульсы тока, изменяющиеся по величине, будут то сильнее, то слабее намагничивать электромагниты головных телефонов. Поэтому и мембраны последних будут то сильнее, то слабее притягиваться к полюсам электромагнитов, т. е. они будут колебаться с частотой изменения импульсов и воспро-



Фиг. 4. Процесс детектирования.

изводить звуки речи или музыки, воздействующие на микрофон передатчика.

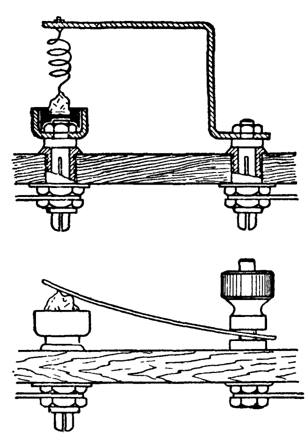
Так осуществляется процесс детектирования с идеальным детектором, который пропускает ток только в одном направлении. В действительности контактные детекторы обладают некоторой, хотя и очень небольшой проводимостью в обратном направлении. Существо процесса при этом не изменяется, хотя через детектор будет протекать небольшой ток обратного направления, по величине во много раз меньший «прямого» тока.

Пульсирующий ток в детекторной цепи можно разделить на токи высокой и низкой частоты. Высокочастотный ток в этой цепи проходит через блокировочный конденсатор $C_б$, а выделенный ток звуковой частоты — через телефонные трубки T, которые и преобразуют его в соответствующий звук. График тока низкой частоты показывает кривая B на фиг. 4.

Основное назначение блокировочного конденсатора $C_б$ состоит в том, чтобы обеспечить подачу с наименьшими потерями переменного высокочастотного напряжения от приемного контура к детектору. Дело в том, что обмотки телефонных трубок, содержащие большое число витков, обладают большим активным (до 2 000 *ом* каждая трубка) и индуктивным сопротивлениями. Если бы напряжение высокой частоты попадало от контура на детектор только через обмотки телефонных трубок, то в них терялась бы значительная часть этого напряжения, а следовательно, на самом детекторе напряжение было бы мало.

Для того чтобы подать на детектор все напряжение высокой частоты, телефонные трубки шунтируют емкостью порядка 1 500—2 000 *пф*, представляющей для токов высокой частоты очень малое сопротивление. Вместе с тем для получающихся в результате детектирования токов низкой частоты эта емкость представляет большое сопротивление и поэтому токи низкой частоты протекают через обмотки телефонных трубок и приводят их в действие.

В приемном контуре возникают весьма незначительные переменные напряжения, измеряемые в лучших случаях десятыми долями воль-



Фиг. 5. Устройство простейших детекторов.

та. Поэтому для детектирования надо применять достаточно чувствительные к таким слабым сигналам детекторы. К таким детекторам относятся кристаллический детектор, меднозакисный детектор (купроксный) и электронная лампа.

Кристаллический детектор состоит обычно из кристалла какого-нибудь минерала и тонкой проволочки, образующих точечный контакт с данным кристаллом.

Наиболее устойчивое детектирование дают пары: силикон — сталь, цинкит — медь, халькопирит — медь, карборунд — сталь[1]. Очень хорошие результаты дает кремниевый кристалл в паре с вольфрамовой проволочкой.

Устройство простейших детекторов поясняется на фиг. 5.

Меднозакисный (купроксный) детектор или «цвитектор» представляет собой медную пластину, одна сторона которой в результате специальной обработки покрывается тонким слоем закиси меди. Контакт между медью и закисью меди обладает детекторными свойствами. Пластинка помещается в небольшой корпус из пластмассы, через который выводятся проводнички для включения.

Рассматривая работу детекторной цепи, необходимо учитывать, что она является потребителем энергии приемного контура; чем больше энергии передается из контура в детекторную цепь, тем громче будут работать телефоны. Однако при чрезмерной нагрузке контура его качества ухудшаются, громкость уменьшается и настройка становится более «тупой», возрастают помехи, создаваемые другими радиостанциями. Для ослабления нагрузки контура к детекторной цепи обычно подключают при помощи переключателя не всю обмотку катушки, а только часть ее витков.

Изменяя количество витков катушки, включенных в детекторную цепь, подбирают наиболее выгодную связь, при которой получается наибольшая громкость приема и достаточно острая настройка.

Таким образом, переменная детекторная связь обеспечивает хорошие условия для передачи энергии из контура в детекторную цепь и ослабляет влияние этой цепи на избирательность приемного контура. Поэтому почти у всех современных детекторных приемников применяется *переменная детекторная связь.*

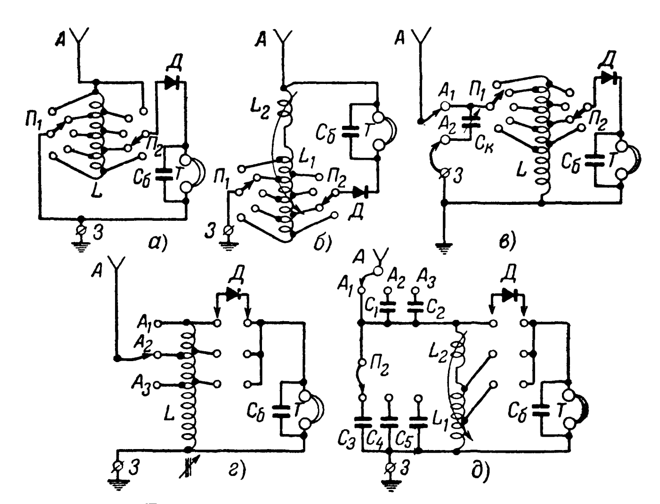
ТИПОВЫЕ СХЕМЫ. Схема любого детекторного радиоприемника всегда состоит из приемного контура и детекторной цепи, причем во всех без исключения схемах, получивших практическое применение, антенная цепь является частью приемного контура.

Типовые схемы детекторных приемников показаны на фиг. 6.

В схеме фиг. 6,*а* настройка осуществляется путем переключения числа витков катушки переключателем $П_1$. Чтобы настройка изменялась более плавно, катушка должна иметь возможно больше отводов. Но все же настройка приемника будет изменяться скачками. В этом заключается основой недостаток такой схемы.

Схема фиг. 6,*б* впервые в любительской конструкции была применена советским инженером Шапошниковым. Грубая настройка приемника производится переключателем $П_1$, а точная подстройка — плавным вращением подвижной катушки L_2. Детекторная связь регулируется переключателем $П_2$.

В схеме фиг. 6,*в* для плавной настройки контура используется конденсатор переменной емкости $C_к$. При подключении антенны к зажиму A_2 этот конденсатор включается в антенную цепь последовательно с катушкой L. Тогда уменьшается общая емкость контура и поэтому его можно будет настраивать на более короткие волны (средневолновый диапазон). Если антенну присоединить к зажиму A_1, а зажимы A_2 и $З$ замкнуть перемычкой, то конденсатор $C_к$ будет подключен параллельно катушке L контура. При этом общая емкость последнего



Фиг. 6. Типовые схемы детекторных приемников.

[1] Силикон — искусственный кристаллический кремний; халькопирит — медная руда (медный колчедан); цинкит — цинковая руда.

увеличится и поэтому контур будет перекрывать длинноволновый диапазон. Плавная настройка такого приемника осуществляется вращением подвижных пластин конденсатора, а грубая — переключением отводов катушки L. Детекторная связь регулируется так же, как и в схемах фиг. 6,*а* и 6,*б*.

Схема фиг. 6,*г* характерна тем, что плавная настройка ее контура осуществляется перемещением внутри катушки магнетитового сердечника, а подбор наивыгоднейшей детекторной связи — перестановкой детектора *Д* в различные пары гнезд.

Схема фиг. 6,*д* менее распространена из-за своей относительной сложности. В ней скачкообразная настройка выполняется переключением конденсаторов C_1, C_2, C_3, C_4, C_5.

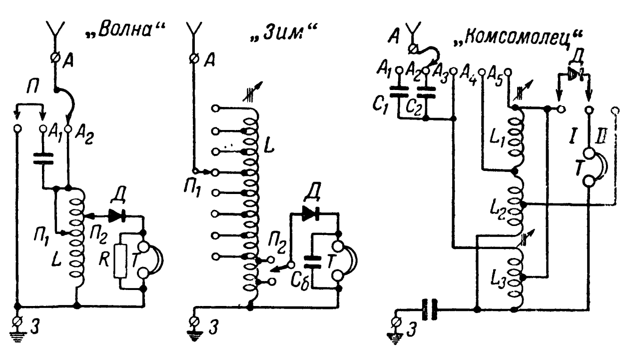
При грубой настройке на более короткие волны антенна с помощью перемычки подключается к приемнику через конденсатор C_1 или C_2. Конденсаторы C_3, C_4 и C_5 при помощи перемычки $П_2$ подключаются параллельно катушкам L_1 и L_2 (вариометру) при настройке приемника на более длинные волны радиовещательного диапазона. Антенна в последнем случае включается в гнездо A_1. Плавная настройка в этой схеме осуществляется вращением подвижной катушки L_2 внутри неподвижной катушки L_1. Детекторная связь регулируется так же, как и в схеме фиг. 6,*г*.

На фиг. 7 изображены принципиальные схемы заводских детекторных приемников «Волна», «ЗИМ» и «Комсомолец».

В первом приемнике настройка контура производится переключением витков катушки при помощи ползунков $П_1$ и $П_2$. Конструктивно катушка выполнена так, что достигается очень плавное изменение настройки контура и величины детекторной связи. Переход с диапазона более коротких волн на диапазон длинных волн осуществляется переключением антенны из гнезда A_1 в гнездо A_2 и замыканием перемычкой *П* двух левых гнезд. К приемнику «Волна» обычно прилагаются пьезотелефоны, поэтому их гнезда зашунтированы не конденсатором, а сопротивлением.

В приемнике «ЗИМ» скачкообразная настройка производится переключением отводов катушки, а плавная — перемещением магнетитового сердечника. Детекторная связь подбирается перестановкой ползунка переключателя $П_2$.

В приемнике «Комсомолец» перекрытие всего диапазона волн достигается включением антенны в одно из гнезд A_1, A_2, A_3, A_4 или A_5, чем осуществляется в первых двух случаях уменьшение емкости антенной цепи, а в трех последних — переключение индуктивностей.



Фиг. 7. Принципиальные схемы заводских детекторных приемников.

Плавно контур настраивается передвижением внутри катушки сердечника из альсифера. Величина детекторной связи изменяется переключением детектора в левую или правую пару гнезд.

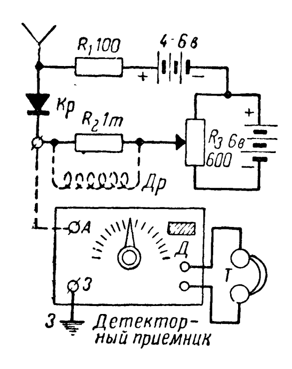
Детекторный усилитель Лосева[1]

Радиолюбитель Олег Владимирович Лосев, работая с различными детекторами, обнаружил, что некоторые из них способны сами работать как маленькие генераторы и могут создавать незатухающие колебания высокой частоты. Лосев был приглашен профессором В. К. Лебединским в Нижегородскую радиолабораторию. До самого перевода лаборатории в Ленинград Лосев работал над своей схемой и построил приемник с генерирующим детектором, который приобрел позже название «кристадин». Когда не было достаточного количества радиоламп, такой детекторный приемник был полезен для приема незатухающих телеграфных сигналов.

Теперь вновь вспомнили о работах Лосева потому, что кристадин может действовать как усилитель в паре с обыкновенным детекторным приемником.

Кристаллический усилитель Лосева можно включить в антенну перед обыкновенным детекторным радиоприемником (на фиг. 1 показано, как это делается). Такое устройство работает довольно устойчиво, оно дает заметное увеличение громкости и делает приемник более чувствительным к слабым сигналам дальних станций. Применение усилителя как бы расширяет «кругозор» детекторного приемника и увеличивает силу приема ближних станций.

[1] Ф. Лбов, Детекторный приемник, Горьковское областное государственное издательство, 1949.



Фиг. 1. Схема включения кристаллического усилителя к детекторному приемнику.

Для устройства кристадинной приставки надо иметь следующие детали и материалы: 1) ящичек; 2) детекторный кристалл цинкит *Кр*; 3) постоянное сопротивление R_1 = = 100 *ом*; 4) постоянное сопротивление R_2= = 1 000 *ом* или дроссель высокой частоты *Др*; 5) переменное сопротивление R_3=600 *ом* (потенциометр); 6) две-три батарейки от карманного фонаря; 7) гнезда или зажимы для включения антенны, приемника, детектора и батареек; 8) соединительный провод.

Дроссель *Др* можно сделать самому. Нужно взять большого размера катушку из-под ниток и намотать на нее, как придется, 3 000 витков провода диаметром 0,12—0,15 *мм*, изолированного эмалью или двумя слоями шелка. Не забывайте, что начальный и завершающий концы обмотки должны иметь напаянные кусочки гибкого проводника длиной 15—20 *см* каждый, так как выводы из проводников диаметром 0,12 *мм* быстро оборвутся.

Сборка схемы проста: сверху ящичка ставится детектор и выводится ручка потенциометра. Если прибором не пользуются, батарею от него надо отключить, чтобы ее энергия не тратилась напрасно на потенциометре.

Детектор в этом усилителе особенный, он состоит из кристалла цинкита и остро отточенной стальной или серебряной проволочки, которая должна быть свернута в виде пружинки диаметром не менее 8—10 *мм*; с такой спиралью легче получить чувствительную точку.

Толщина проволоки для детектора 0,12—0,15 *мм*. Кристалл цинкита лучше работает в кристадине, если он переплавлен в пламени электрической дуги. Но осуществить это довольно сложно, поэтому здесь не дается указаний о том, как вести переплавку.

Усилительное действие можно получить и с детектором из сернистого свинца.

Налаживание детекторного приемника с детекторным усилителем ведется следующим образом. Сначала вместо детектора в усилитель вставляется штепсельная вилка с соединенными между собой штырьками. Приемник обычным порядком настраивается на какую-либо радиостанцию. Затем на свое место вставляется цинкитный детектор и включается батарея. Движок потенциометра ставится так, чтобы подавалось все напряжение, и на цинкитном детекторе отыскивается чувствительная точка. Отличить положение генерирующей точки можно по свисту и характерным шорохам и потрескиваниям в телефоне. Когда появился свист, надо движком потенциометра уменьшать напряжение на детекторе (обычно до 5—6 *в*), пока свист не пропадет. Передача после этого станет ясной и заметно сильнее, чем на детекторный приемник без усилителя Не забывайте, что батарея должна быть присоединена отрицательным полюсом к пружинке детектора, а на кристалле должно быть положительное напряжение. После всего этого надо еще раз точнее настроить основной приемник.

Попробуйте различные пары в детекторе кристаллического усилителя, придумайте схему с двумя-тремя детекторными усилителями.

Разработка хороших детекторных приемников с кристаллическими усилителями имеет большое государственное значение. Если будут созданы простые, удобные в обращении, дешевые детекторные приемники, которые дадут прием громче и устойчивее, чем существующие, то этим будет оказана значительная помощь решению важнейшей задачи сплошной радиофикации сельских районов.

Литература

Книги

И. И. Спижевский, Детекторный приемник, Изд. Осоавиахим, 1947. Рассказывается о роли и назначении детекторного приемника, простых и сложных схемах этих приемников, самодельных детекторах. Даны подробные описания, как сделать приемники: Шапошникова, с вариометром, с переменным конденсатором и с настройкой металлом. Даются указания по устройству антенны, заземления и защите приемника от грозы.

Ф. А. Лбов, Детекторный приемник, Горьковское областное государственное издательство, 1949. Рассказывается о преимуществах детекторного приемника, устройстве антенны и дается описание двух конструкций приемников: с плавной и фиксированной настройкой.

В. В. Енютин, Детекторные радиоприемники, Связьиздат, 1950. Описано восемь конструкций детекторных приемников, в которых применяются разнообразные катушки: цилиндрической, корзинчатой и сотовой намотки. Даны также описания приемников с настройкой конденсаторами переменной емкости и магнетитовыми сердечниками.

Массовые радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949. Среди описанных в брошюре приемников, получивших премию на 7-й Всесоюзной заочной радиовыставке, даны описания ряда детекторных приемников.

З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Самодельные детали для сельского радиоприемника, Изд. «Московский

рабочий», 1950. Книжка поможет начинающему радиолюбителю самостоятельно изготовить катушки и другие детали для детекторного приемника.

Ф. И. Тарасов, Детекторные приемники и усилители к ним (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950. Кратко излагается, как устроен и работает детекторный приемник, и приводится несколько схем этих приемников. Даются простые расчеты приемного контура. Рассказывается об устройстве деталей, конструкциях приемников и усилителей к ним.

В. Г Борисов, Юный радиолюбитель (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951. В форме популярных бесед книга знакомит читателей с элементарной электрорадиотехникой и содержит более 20 описаний простых радиолюбительских конструкций, включая четыре описания различных детекторных приемников.

А. Д. Батраков и С. Кин, Элементарная радиотехника (Массовая радиобиблиотека), часть первая, Госэнергоиздат, 1951. Содержание книги соответствует программе кружков по изучению детекторных приемников.

Статьи

Сделай сам детекторный приемник (плакат), Госэнергоиздат, 1947.

Простейший самодельный детекторный приемник (плакат), Воениздат, 1950.

Л. Тульский, Детекторный приемник с одной ручкой, «Радио», 1948, № 4.

С. Афендиков, Детекторный приемник «Комсомолец», «Радио», 1948, № 8.

В. Пухальский, Детекторный приемник «Контур», «Радио», 1948, № 12.

Е. Степанов, Кристадин, «Радио», 1949, № 1.

М. Облезов, Детекторный приемник «Волна», «Радио», 1949, № 2.

С. Игнатьев, Детекторный приемник ДПХ», «Радио», 1949, № 6.

И. Беляев, Детекторный приемник «Мотылек», «Радио», 1949, № 9.

Ф. Евтеев. Детекторный приемник нового типа, «Радио», 1949, № 11.

В. Исаев, Простой детекторный приемник, «Радио», 1950, № 2.



ГЛАВА ШЕСТАЯ

АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Простейшие приемные антенны[1]

ФИЗИКА РАДИОПРИЕМНОЙ АНТЕННЫ. Приемная антенна служит для приема электромагнитных волн, излучаемых передающей радиостанцией, и для подачи переменного напряжения принятого сигнала на вход приемника.

Устройство такой антенны хорошо известно радиолюбителям. Массовыми типами приемных антенн являются Г-образная (фиг. 1,*а*) и Т-образная (фиг. 1,б) однолучевые антенны, простой вертикальный или наклонный провод (фиг. 1,*в*), иногда с «метелочкой» на вершине (фиг. 1,*г*), а также различные наружные рамки и всевозможные упрощенные комнатные антенны.

Рассматривая антенну как радиотехническое устройство, следует помнить, что любой провод обладает не только активным сопротивлением, но и способен накапливать электрические заряды и индуктировать в самом себе электродвижущую силу при всяких изменениях тока, т. е. провод обладает электрической емкостью и индуктивностью. Следовательно, любая антенна представляет собой колебательную цепь.

Этот своеобразный колебательный контур, в силу того что его собственная емкость и индуктивность равномерно распределены по всей длине провода, имеет свои физические особенности, заключающиеся в том, что при возникновении в антенне колебательного процесса ток и напряжение распределяются в проводе неравномерно, т. е. в каждой точке провода значения этих величин различны.

Если, например, в вертикальной антенне, работающей с заземлением, возникнет колебательный процесс, то наибольший ток будет в той точке провода антенны, которая ближе к заземлению, т. е. в точке подключения антенны к приемнику. В следующих вышележащих точках провода ток будет постепенно уменьшаться и у самой вершины, т. е. у конца антенны, спадает до нуля (фиг. 2). Напряжение в такой антенне распределяется в обратном порядке. Наибольшая величина его относительно земли оказывается у верхнего конца провода, а наименьшая — в точке подключения его к приемнику.

Точки провода, в которых наблюдаются максимальные значения тока или напряжения, называются соответственно *пучностями тока* и *пучностями напряжения*, а те точки, где ток и напряжения равны нулю, называются *узлами тока* и *узлами напряжения*.

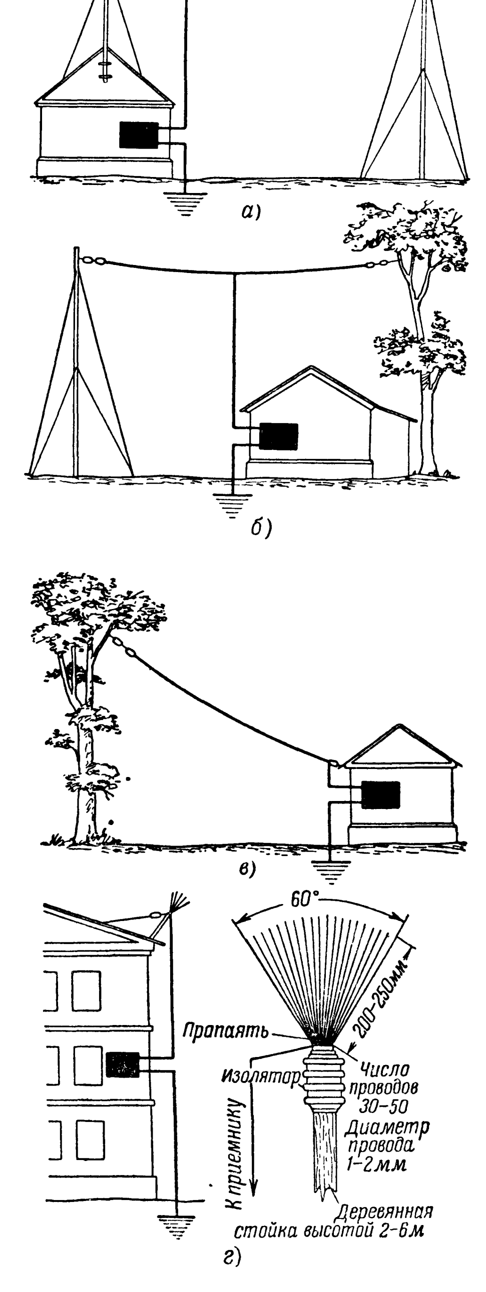
Как и всякая другая колебательная цепь, приемная антенна характеризуется величинами собственной емкости C_A и собственной индуктивности L_A, которые зависят от геометрических размеров и формы антенны. Так, например, каждый метр однопроводной антенны, удаленной от других проводников, обладает собственной емкостью 5 *пф* и собственной индуктивностью около 1—2 *мкгн*. Простейшие любительские приемные антенны имеют обычно емкость около 200—250 *пф*, индуктивность около 20 *мкгн* и активное сопротивление около 25 *ом*.

Кроме того, антенна характеризуется еще одним очень важным параметром, который называется *действующей* или *эффективной высотой*.

Действующей или эффективной высотой данной антенны называют высоту условной вертикальной антенны, которая излучает (если рассматривать приемную антенну как передающую) такую же мощность, что и реальная антенна, но имеет ток по всей длине одинаковый и равный значению тока в пучности реальной антенны.

Высота такой воображаемой антенны, как видно из фиг. 3, всегда будет меньше геометрической высоты реальной антенны.

[1] П. Голдованский, «Радио», 1949, № 8.



Фиг. 1. Различные типы приемных антенн.

Действующая высота — понятие условное и принято для облегчения расчетов антенн.

У различных приемных антенн действующая высота зависит от формы антенны и условий ее работы. Для Г-образных и Т-образных антенн она составляет около 0,7—0,8 их геометрической высоты. В большинстве случаев действующая высота обычных любительских антенн, применяющихся для радиовещательных приемников, составляет от 1,5 до 4 *м*.

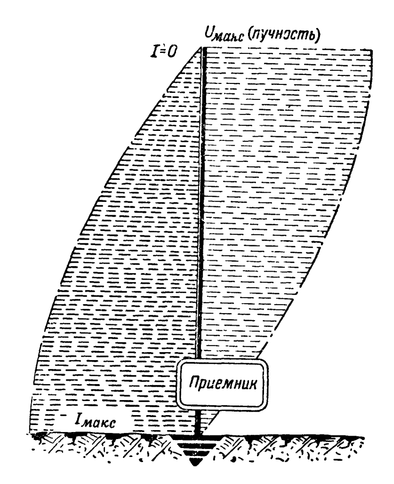
Ознакомившись в общих чертах с физическими особенностями антенны, рассмотрим теперь антенную цепь в приемнике.

Типичная антенная цепь показана на фиг. 4. Она состоит из самой антенны, обладающей собственной емкостью C_A, индуктивностью L_A, активным сопротивлением R_A, и дополнительной катушки индуктивности L, которая связывает антенну с входным контуром приемника. Кроме того, в антенную цепь входит заземление или противовес.

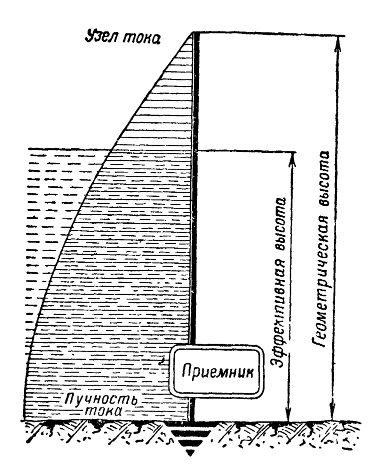
Электромагнитные волны, излучаемые передающей радиостанцией, при пересечении провода приемной антенны возбуждают в нем переменную электродвижущую силу. Частота и характер изменений этой электродвижущей силы в точности соответствуют всем изменениям электромагнитного поля.

Величина электродвижущей силы, возникающей в антенне, очень мала и измеряется микровольтами или, в лучшем случае, милливольтами. Значение ее зависит от мощности и удаленности передающей радиостанции, от условий и особенностей распространения радиоволн и от действующей высоты приемной антенны.

В современных радиовещательных приемниках антенную цепь не настраивают. Дело в том, что ламповые приемники имеют два-три контура (а иногда и более), настраивающихся одной ручкой. Этой же общей ручкой должна бы одновременно настраиваться и антенная цепь. Но осуществить это очень трудно, ибо емкость разных антенн различна и вообще непостоянна: она может произвольно изменяться под действием внешних причин (при качании антенны,



Фиг. 2. Распределение тока и напряжения в вертикальной антенне.

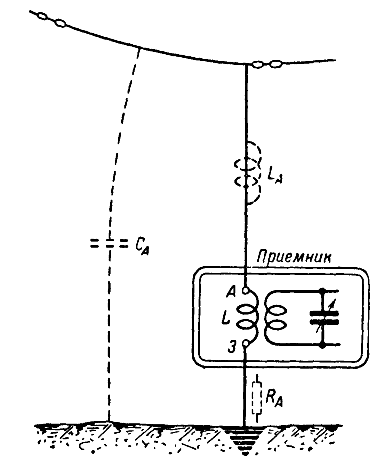


Фиг. 3. Геометрическая и действующая высота антенны.

при изменении влажности воздуха и т. д.). Поэтому точно учесть емкость антенны нельзя и обеспечить неизменную настройку антенной цепи для любого участка диапазона практически невозможно. Оставлять антенную цепь настроенной на какую-либо одну частоту диапазона не имеет смысла, так как на остальных участках данного диапазона чувствительность приемника будет резко ухудшаться.

Чтобы чувствительность приемника не изменялась так резко по диапазону, резонанс антенной цепи выводят за пределы рабочего поддиапазона. Для этого включают в антенную цепь катушку L с такой индуктивностью, что резонансная частота антенного контура оказывается примерно на 30% ниже, чем самая низкая частота данного поддиапазона. Если, например, рабочий поддиапазон приемника равен 150—400 *кгц*, то антенная цепь настраивается на частоту 115 *кгц*.

Настраивать антенную цепь на частоту, превышающую самую высокую принимаемую частоту, невыгодно, так как при этом чувствительность будет сильно меняться по диапазону.



Фиг. 4. Антенная цепь приемника.

На этом мы закончим краткое знакомство с физическими процессами в антенной цепи. Необходимо теперь лишь сформулировать требования, которым должна удовлетворять антенная цепь. Основные из них сводятся к следующему.

Антенна должна возможно лучше воспринимать энергию радиоволн.

Антенная цепь в пределах каждого поддиапазона должна обеспечивать возможно более высокую и постоянную чувствительность приемника.

Антенна не должна влиять на настройку последующих контуров приемной схемы, т. е. подключение любой антенны к приемнику не должно вызывать изменения настройки его входного контура. Для выполнения этого требования приходится применять слабую связь антенной цепи с входным контуром, что ухудшает чувствительность. Однако ослабление напряжения сигнала может быть возмещено усилением его в последующих ступенях приемника.

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ АНТЕННЫ. Основные типы любительских антенн приведены на фиг. 1.

Для лампового радиоприемника может быть применена любая из указанных антенн. Длина горизонтальной части Г-образной или Т-образной антенны в этом случае не должна превышать 20 *м*. Обычно она составляет 8—12 *м*.

Для детекторных приемников горизонтальная часть антенны делается несколько длиннее — до 30—50 *м*.

Высота подвеса антенны над крышами зданий и другими сооружениями желательна не менее 4 *м*, а при установке мачт на земле — не менее 10—12 *м*. Дальнейшее увеличение высоты подвеса антенны даст незначительный выигрыш в громкости (и то только на детекторный приемник), но приведет к заметному возрастанию атмосферных помех.

Комнатные антенны следует применять только для ламповых приемников и лишь в тех случаях, когда почему-либо невозможно установить наружную антенну.

Заземление[1]

Для простейшего радиоприемника необходимо хорошее заземление, так как оно обеспечивает более громкий прием (при детекторном приемнике) и снижает уровень индустриальных помех.

[1] По разным источникам.

Заземление должно быть сделано поближе к вводу антенны.

Для этого следует около самого дома вырыть яму глубиной 1—1,5 *м*. Чем суше почва, тем глубже нужно рыть яму. В нее укладывается лист жести размером 50 × 50 *см* или какой-нибудь металлический предмет, например старое ведро, к которому предварительно припаивается проволока (фиг. 1,*а*). Можно уложить в яму моток голой проволоки (фиг. 1,*б*).

Затем яму засыпают постепенно слоями земли, тщательно утрамбовывая каждый слой. При этом следят, чтобы провод, выходящий из земли, не оторвался от металлического предмета, к которому он припаян.

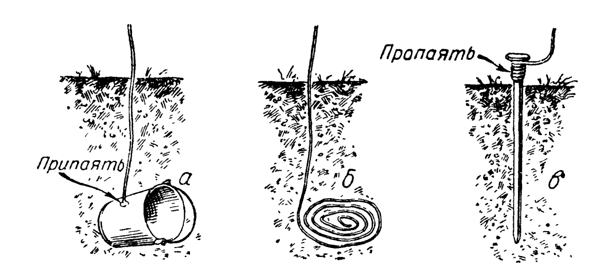
Вести этот провод надо по самому короткому пути, без крутых изгибов, прикрепляя его гвоздями или проволочными скобками.

Хорошее заземление можно делать из стальной трубы длиной 1—1,5 *м*. Один конец трубы сплющивается и заостряется, а к другому концу припаивается проволока, предназначенная для ввода в дом. Трубу забивают в землю в вырытой на полметра яме так, чтобы место спая с проволокой было потом засыпано землей (фиг. 1,*в*).

Существенно улучшается заземление в глинистых и песчаных почвах, если грунт обработать солью. Вокруг забитой в землю трубы, на расстоянии 1—1,5 *м* от нее, надо вынуть землю на глубину 0,75—1 *м*. Вынутая земля засыпается обратно слоями вперемежку со слоями поваренной соли самого низкого сорта и поливается водой.

В домах, где есть водопровод или центральное отопление, для заземления можно использовать трубы водопровода или отопления.

Труба вблизи от установки приемника, зачищается напильником до блеска и в этом месте на нее наматывается медная проволока. Свободный конец ее соединяется с соответствующим зажимом грозового переключателя или непосредственно включается в гнездо заземления приемника.



Фиг. 1. Различные способы устройства заземления.

Литература

Книги

В. К. Адамский и А. В. Кершаков, Приемные любительские антенны (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949. Излагаются сведения об устройстве простейших открытых антенн, комнатных, антишумовых, рамочных, телевизионных и автомобильных антенн.

И. И. Спижевский, Сельские ламповые приемники, Изд. «Московский рабочий», 1949. В книге, посвященной в основном обращению с ламповыми приемниками, уделено достаточно места устройству антенны.

А. П. Горшков, Как установить радиоприемник, Связьиздат, 1950. Наряду с вопросами эксплуатации и питания радиоприемников рассматриваются также вопросы устройства антенны и заземления.

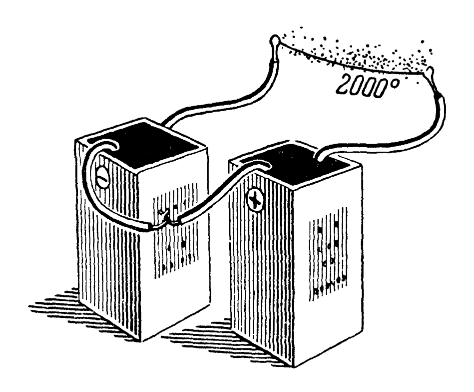
Статьи

В. С. Караяний, Любительские приемные антенны, «Радио», 1948, № 1.

Н. Сильвестров, Антенна с экранированным снижением, «Радио», 1949, № 12.

З. Борич, Антенное устройство для радиоузлов, «Радио», 1949, № 4.





Фиг. 1. При $t = 2\,000°$ вольфрам начинает испускать электроны.

крыть вольфрам некоторыми другими металлами или их соединениями, то вылет электронов облегчается. Для вылета требуются меньшие скорости, следовательно, требуется и меньший нагрев нити, значит, такая нить будет потреблять меньший ток накала. Мы не станем приводить здесь истории постепенного совершенствования нитей, а сразу укажем, что современные оксидированные нити накала работают при температурах около 1 100—1 200° (фиг. 2). В связи с этим удалось снизить ток накала примерно в десять раз — современный десятиламповый приемник потребляет примерно такой же ток накала, как приемник, имевший всего лишь одну лампу старого образца.

Процесс покрытия нитей накала облегчающими эмиссию составами называется *активированием,* а самые нити носят название *активированных.*

Активированные нити накала хороши во всех отношениях, кроме одного: они боятся перекала, т. е. повышенного против нормы нагрева.

Если активированную нить перекалить, то нанесенный на нее слой активирующего вещества улетучится, вследствие этого нить потеряет способность испускать электроны при низкой температуре. Про такую лампу говорят, что она «потеряла эмиссию». Нить накала такой лампы цела, лампа «горит», но не работает. Об этом обстоятельстве следует помнить и никогда не допускать, чтобы напряжение накала лампы превосходило нормальную величину.

Конечно, потерявшую эмиссию лампу можно было бы заставить работать, доведя накал ее нити до белого свечения. Но нити современных ламп делаются очень тонкими, и так как при белом калении металл нити довольно быстро распыляется, тонкая нить скоро перегорает.

ВАКУУМ. Каждый, кто видел радиолампу, знает, что она заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона воздух чрезвычайно разрежен. Давление воздуха на поверхности земли, т. е. давление в одну атмосферу, соответствует примерно 760 *мм* рт. ст., а давление воздуха внутри баллона радиолампы составляет всего лишь около 10^{-7} *мм* и даже меньше, т. е. примерно в десять миллиардов раз меньше атмосферного давления (фиг. 3). Такую степень разреженности называют *высоким вакуумом* (вакуум — значит пустота).

Для чего нужен вакуум в радиолампе?

Во-первых, он нужен для сохранения нити накала.

Если бы нить накала, нагретая почти до тысячи градусов, находилась просто в воздухе, то она бы очень скоро перегорела. Нагретые тела быстро окисляются кислородом воздуха.

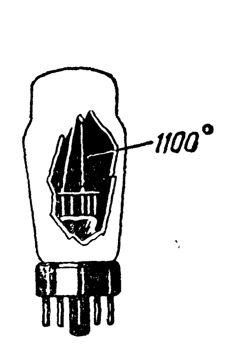
Во-вторых, вакуум нужен для беспрепятственного движения вылетающих из нити электронов.

Работа радиолампы основана на использовании электронов, вылетающих из нити накала. Однако для того, чтобы можно было как следует использовать электроны, надо, чтобы они не встречали на своем пути никаких препятствий. Воздух же является таким препятствием.

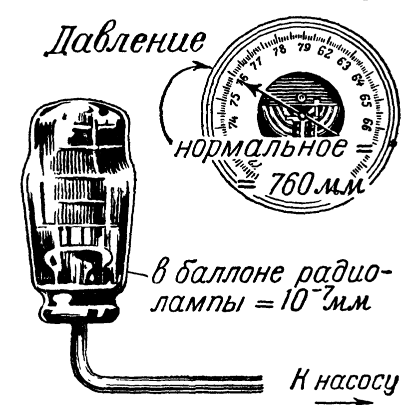
Молекулы и атомы газов, входящих в состав воздуха, в несметном количестве окружают нить накала и препятствуют полету электронов. Для того чтобы уменьшить возможность столкновения электронов с частицами газов, воздух внутри баллона разрежают.

Особую роль играют в создании вакуума так называемые «геттеры», или поглотители.

Дело в том, что при массовом производстве ламп было бы слишком долго и невыгодно доводить вакуум в них до требуемой степени при помощи насосов.



Фиг. 2. Современные оксидированные нити накала работают при температурах около 1 100°.



Фиг. 3. Давление воздуха внутри баллона радиолампы примерно в десять миллиардов раз меньше атмосферного давления.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

Электронная лампа[1]

Это название прекрасно подчеркивает основную черту радиолампы как электронного прибора, работа которого построена на использовании движения электронов. В чем же заключается участие электронов в работе радиолампы?

В металлах имеется много полусвободных, т. е. слабо связанных с атомами электронов. Эти электроны находятся в постоянном движении, точно так же, как находятся в движении и все частицы вещества — атомы и молекулы. Движения электронов хаотичны; для иллюстрации такого хаотичного движения обычно приводят в качестве примера рой комаров в воздухе. Скорость движения электронов не мала, она в грубых цифрах равна примерно 100 *км/сек* — это раз в сто больше скорости винтовочной пули.

Но если электроны летают в металле в различных направлениях, как мошкара в воздухе, да еще с такими громадными скоростями, то они вероятно вылетают и за пределы тела.

На самом деле этого не происходит. Те скорости, которыми обладают в нормальных условиях электроны, недостаточны для их вылета из толщи металла во внешнее пространство. Для этого нужны гораздо большие скорости.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ. Каким же способом можно увеличить скорость движения электронов? Физика дает ответ на этот вопрос. Если нагревать металл, то скорость движения электронов возрастет и в конце концов может достичь того предела, когда электроны начнут вылетать в пространство. Нужная для этого скорость довольно велика. Например, для чистого вольфрама, из которого делают нити накала радиоламп, она равна 1 270 *км/сек.* Такой скорости электроны достигают при нагреве вольфрама (фиг. 1) до 2 000° и выше (здесь и дальше градусы указаны по абсолютной шкале).

Испускание нагретым металлом электронов называется *термоэлектронной эмиссией.* Электронную эмиссию можно уподобить испарению жидкостей. При низких температурах испарения совсем не происходит или бывает очень мало. С повышением температуры испарение увеличивается. Бурное испарение начинается по достижении точки кипения.

Испарение жидкости и термоэлектронная эмиссия металлов — явления во многом сходные.

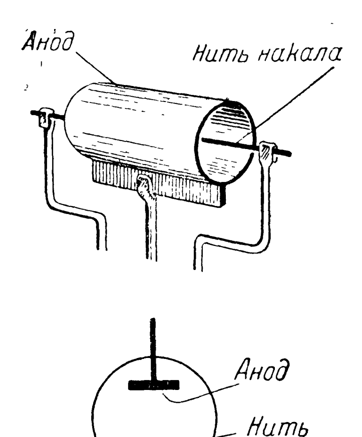
Для получения термоэлектронной эмиссии металл надо нагреть, причем способ нагревания не имеет значения. Но практически удобнее всего нагревать металл электрическим током. В электронных лампах нагреваемому металлу придают вид тонких нитей, накаливаемых электрическим током. Нити эти называются *нитями накала*, а нагревающий их ток — *током накала.*

Мы упоминали о том, что для получения эмиссии надо нагреть металл до очень высокой температуры — примерно до 2 000° и даже выше. Такую температуру выдерживает далеко не каждый металл, большинство металлов при такой высокой температуре плавится. Поэтому нити накала можно делать только из очень тугоплавких металлов, обычно их делают из вольфрама.

В первых образцах электронных ламп применялись чисто вольфрамовые нити накала. При температуре, нужной для получения эмиссии, вольфрамовые нити накаливались до белого свечения, отчего и произошло, между прочим, название «лампа». Однако такая иллюминация обходится очень дорого. Чтобы накалить нить лампы до белого каления, нужен сильный ток. Маленькие приемные лампы с чисто вольфрамовой нитью накала потребляли ток накала в полампера.

Но скоро был найден путь уменьшения тока накала. Исследования показали, что если по-

[1] А. Горшков, «Радио», 1948, № 8.



Фиг. 4. Примерное устройство двухэлектродной лампы и ее схематическое изображение.

Поэтому поступают иначе. При помощи насосов производят лишь предварительное, так сказать черновое, разрежение воздуха в лампе. Давление доводят до одной тысячной или даже только до одной сотой миллиметра ртутного столба. А для устойчивой работы лампы необходимо, чтобы давление в ней было меньше одной миллионной миллиметра ртутного столба. Чтобы получить это высокое разрежение, в лампе распыляют вещество, которое обладает способностью жадно поглощать газы. Таким свойством обладают, например, металлы магний, барий и некоторые соединения.

Чтобы распылить геттер в лампе со стеклянной оболочкой, к ней подносят катушку, питаемую током высокой частоты. Укрепленная на никелевой пластинке внутри лампы таблетка геттера раскаляется и испаряется. Пары ее оседают на стекле и образуют тот серебристый (при магниевом геттере) или темнометаллический налет (при геттере из бария), который мы видим у большинства стеклянных радиоламп. Этот металлический налет жадно поглощает все остатки газов, и давление в лампе падает до миллионной доли миллиметра ртутного столба, что уже вполне достаточно для устойчивой и надежной работы лампы.

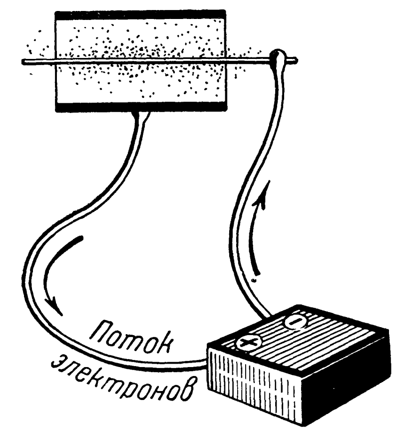
Каким же образом заставить работать электроны, вылетающие из раскаленной нити накала?

ДВУХЭЛЕКТРОДНАЯ ЛАМПА. Если заключить нить накала в баллон разреженным воздухом, то вылетевшие из нити электроны образуют вокруг нее своего рода «облачко». Это электронное облачко, обладающее отрицательным зарядом, будет отталкивать вновь вылетающие из нити электроны, которые станут падать обратно на нить. Никакого движения электронов от нити не возникнет. Чтобы заставить электроны работать, в баллон лампы впаивают окружающий нить накала металлический цилиндр (фиг. 4), который называется *анодом* (анод может иметь и другую форму, например форму прямоугольной коробки без двух противоположных стенок). Затем к лампе присоединяется источник электрического напряжения (батарея или выпрямитель) так, чтобы его «минус» был соединен с нитью накала, а «плюс» — с анодом (фиг. 5).

При таком присоединении источника э. д. с. анод будет заряжен положительно относительно нити накала; следовательно, вылетающие из нити накала электроны будут притягиваться к аноду. Внутри баллона установится поток электронов, летящих от нити к аноду. Но ведь поток электронов, как мы знаем, является нечем иным, как электрическим током. Поэтому при присоединении к радиолампе указанным способом источника э. д. с. через лампу потечет электрический ток — так называемый *анодный ток*. Этот ток будет продолжаться все время, пока накалена нить лампы, т. е. пока есть электронная эмиссия.

Заметим тут же, что электроны пролетают внутри баллона с очень большой скоростью. Уже сама по себе скорость вылета электронов из нити накала достаточно велика, она составляет несколько сот километров в секунду. Кроме того, скорость вылетевших электронов увеличивается под воздействием притягивающего их анода. В результате электроны достигают анода со скоростью, приближающейся к 8 000—10 000 *км/сек.*

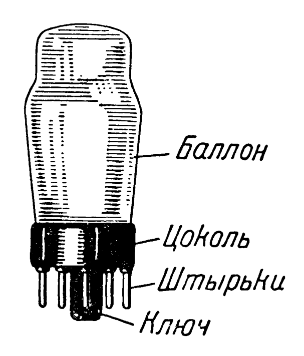
Лампа, которую мы только что рассмотрели, имеет два электрода — анод и нить накала, на-



Фиг. 5. При таком присоединении источника э. д. с. между нитью накала и анодом установится поток электронов.

зываемую часто *катодом*. Баллон с электродами лампы приклеивается к цилиндрическому пластмассовому или металлическому основанию, которое называется *цоколем*. Выводы от электродов впаиваются в стекло и присоединяются к штырькам цоколя. На цоколе лампы имеется ключ (направляющая ножка), исключающий возможность неправильного вставления лампы в гнезда ее панельки (фиг. 6).

Двухэлектродная лампа, или сокращенно *диод*, является простейшим типом лампы. Она обладает свойством пропускать ток только в од-



Фиг. 6. Внешний вид радиолампы.

ном направлении, так как электроны могут лететь только от катода к аноду. Это свойство двухэлектродной лампы используется, например, для выпрямления переменного тока при питании приемников от сети переменного тока.

Диоды, служащие для выпрямления переменного тока, называются *кенотронами*. Кенотроны часто имеют не один, а два анода, что объясняется особенностями схемы выпрямителя. Аноды либо располагаются около общего катода вдоль нити, либо внутри каждого анода проходит отдельный катод. Примером одноанодного кенотрона является лампа типа 30Ц1М, а двуханодного — 5Ц4С, ВО-188 и др.

Диоды применяются не только в выпрямителях, но и в самих радиоприемниках, где они служат для детектирования принятых радиосигналов, т. е. преобразования токов высокой частоты в ток низкой частоты или в постоянный ток. Детекторным диодом, например, является лампа 6Х6С, у которой в общем баллоне помещены два независимых друг от друга диода. Такие лампы называются *двойными диодами* и применяются в супергетеродинных приемниках для детектирования сигналов и автоматического регулирования усиления.

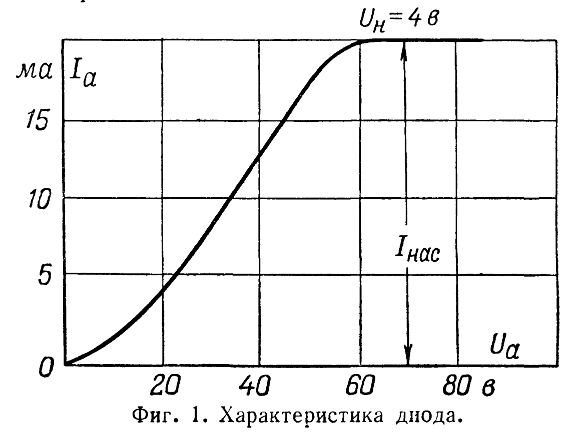
Характеристика диода[1]

При выборе электронных ламп для работы весьма важно знать зависимость между анодным током и анодным напряжением.

График зависимости анодного тока I_a от анодного напряжения U_a называется *характеристикой диода*.

Пример такой характеристики дан на фиг. 1, где по вертикальной оси отложен анодный ток I_a в миллиамперах, а по горизонтальной оси — анодное напряжение U_a в вольтах. Напряжение накала $U_н$ при этом постоянное.

Когда анодное напряжение равно нулю, анодный ток тоже равен нулю, так как электроны не притягиваются анодом. Увеличение анодного напряжения вызывает возрастание анодного тока, сначала небольшое, а затем более сильное. В известных пределах изменения анодного напряжения анодный ток растет почти равномерно, но при некотором значении анодного напряжения возрастание анодного тока замедляется и дальше совсем прекращается, т. е. повышение анодного напряжения уже не вызывает возрастания анодного тока, величина которого остается постоянной.



Фиг. 1. Характеристика диода.

Наибольшая величина анодного тока называется *током насыщения* и обозначается $I_{нас}$.

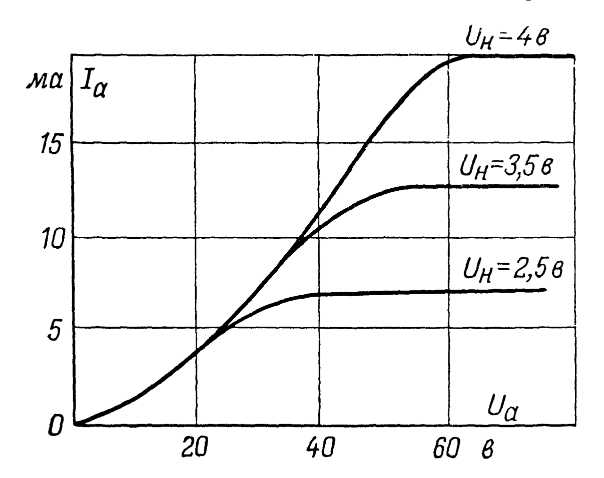
На фиг. 1 ток насыщения $I_{нас} = 20$ *ма* получается при анодном напряжении $U_a = 60$ *в*. Явление насыщения объясняется следующим образом.

При малых анодных напряжениях не все электроны, вылетающие из катода, достигают анода. Значительная часть их скопляется в пространстве вокруг катода и образует так называемый *пространственный* (*или объемный*)

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.

заряд, имеющий отрицательный знак. Иначе его называют *электронным облачком.* Этот объемный заряд отталкивает вылетающие из катода электроны и мешает аноду притягивать их. Если анодное напряжение мало, то только электроны, вылетевшие из катода с большой скоростью, смогут прорваться через пространственный заряд, и поэтому анодный ток очень мал.

По мере увеличения анодного напряжения все большее и большее число электронов из объемного заряда летит к аноду под влиянием его притягивающего действия и электронное



Фиг. 2. Характеристики диода при разных значениях напряжения накала.

облачко вокруг катода уменьшается. Наконец, при достаточно большом анодном напряжении уже все излучаемые электроны движутся на анод и электронное облачко около катода исчезает. Дальнейшее увеличение анодного напряжения уже не дает возрастания анодного тока, так как при данной температуре катода выделяется определенное количество электронов. Анодный ток в данном случае и будет током насыщения $I_{нас}$. Нетрудно сообразить, что ток насыщения диода равен току термоэлектронной эмиссии, который определяется как полное число электронов, испускаемое катодом каждую секунду.

Если увеличить накал нити, то термоэлектронная эмиссия возрастет и соответственно увеличится ток насыщения. При уменьшении накала эмиссия и ток насыщения уменьшаются.

На фиг. 2 показаны для примера характеристики диода для нескольких значений напряжения накала $U_н$.

Трехэлектродная лампа[1]

Стремительное развитие радиотехники началось только после того, как в радиолампу были введены добавочные электроды, т. е. после того, как появились многоэлектродные лампы.

Чудодейственные свойства электронной лампе сообщила *сетка* — самая обыкновенная не особенно густая сетка, сплетенная из проволоки (в современных радиолампах сетка выполняется в виде спирали, окружающей катод). Сетка помещается в электронной лампе на пути полета электронов между катодом и анодом.

Она придает лампе столь замечательные свойства, что ни один другой прибор не может с ней конкурировать в тех областях, в которых она применяется, а области эти с каждым днем расширяются. Этот маленький электрод произвел целую революцию в радиотехнике и в сильнейшей степени способствовал быстрому развитию многих областей науки и техники.

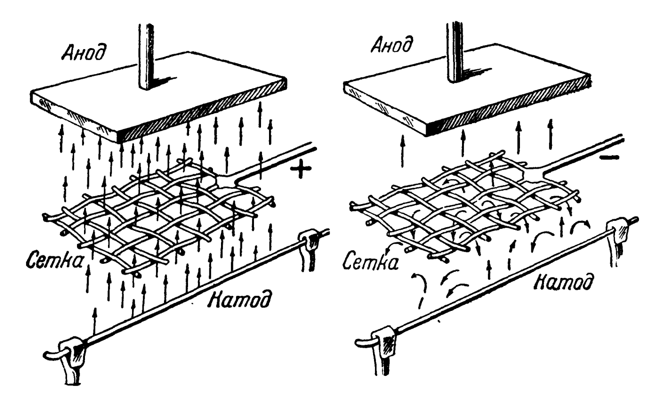
В чем же заключается действие сетки?

Сетка, помещенная внутри лампы на пути потока электронов, несущихся от катода к аноду, дает возможность управлять этим потоком. Электроны на своем пути к аноду пролетают сквозь просветы сетки. Если на сетке нет никакого напряжения, то ее присутствие почти не скажется на полете электронов. Однако картина изменится, если на сетке будет какое-нибудь напряжение относительно катода. Предположим, что напряжение на сетке положительное. В этом случае сетка будет притягивать электроны и ускорять их полет (фиг. 1). Электроны в большем количестве и быстрее устремятся к аноду. Сетка задержит лишь небольшую их часть. Почти все электроны проскочат сквозь сетку. В результате анодный ток увеличится.

Если же на сетке будет отрицательное напряжение, то она будет отталкивать электроны обратно к аноду (фиг. 2). В итоге анодный ток уменьшится. При большом отрицательном напряжении на сетке анодный ток вовсе прекратится — лампа, как говорят, будет «заперта».

Действие сетки, находящейся в самой гуще электронного потока, очень сильно. Самого незначительного изменения напряжения на сетке достаточно для того, чтобы значительно изменить величину анодного тока. Этим свойством лампы можно пользоваться для того, чтобы осуществлять усиление переменных токов. Сделать это можно очень просто.

[1] А. Горшков, «Радио», 1948, № 9.



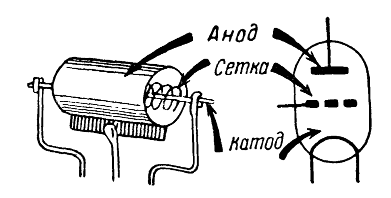
Фиг. 1. Если сообщить сетке положительный заряд, то анодный ток увеличится.

Фиг. 2. При отрицательном напряжении на сетке анодный ток уменьшается.

Допустим, что на сетке относительно катода лампы имеется переменное напряжение, величина которого равна 1 *в*. Это напряжение называют *входным напряжением*. В такт с изменениями входного напряжения будет изменяться и анодный ток, текущий через лампу, причем эти колебания очень значительны.

Если в анодную цепь лампы включить некоторое сопротивление, которое обычно называют *выходным* или *нагрузочным сопротивлением*, то при изменениях анодного тока на этом сопротивлении возникнет переменное напряжение, величина которого может быть во много раз больше напряжения, действующего в цепи сетки лампы. Напряжение, развивающееся на этом сопротивлении, своими изменениями в точности повторяет переменное напряжение, подведенное к сетке лампы, но по величине оно значительно больше. Как кинопроекционный аппарат во много раз увеличивает кадр кинопленки, в точности сохраняя все его подробности, так и лампа «увеличивает» напряжение, приложенное к ее сетке.

Соотношения между величинами входного и выходного напряжений зависят от конструкции лампы. Обычно величина выходного напряжения превосходит величину входного в несколько десятков раз. Таким образом, при помощи лампы, снабженной сеткой, можно усиливать переменные напряжения во много раз.



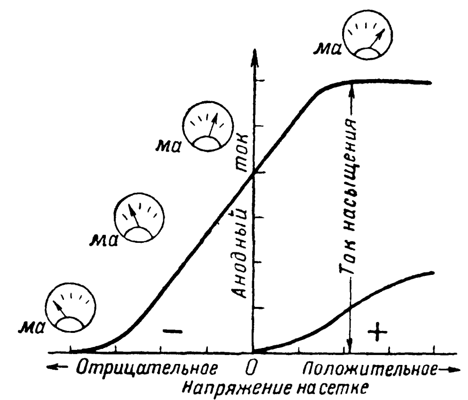
Фиг. 3. Устройство и схематическое изображение триода.

Лампа, отличающаяся от диода наличием третьего электрода (сетки), называется *трехэлектродной* или *триодом* (фиг. 3).

Характеристика триода[1]

Характерные свойства трехэлектродных ламп наглядно отображаются графиком зависимости анодного тока от напряжения на сетке при неизменном положительном напряжении на аноде. Этот график называется *сеточной характеристикой лампы* (фиг. 1).

Из характеристики видно, что при некотором отрицательном напряжении на сетке анодный ток совершенно прекращается; этому на графике соответствует величина отрицательного напряжения на сетке, совпадающая с точкой соприкосновения нижнего конца характеристики с горизонтальной осью, вдоль которой отложены величины напряжений на сетке. В этот момент лампа будет «заперта»: все электроны возвращаются сеткой обратно к катоду. Сетка преодолевает действие анода. Анодный ток равен нулю.

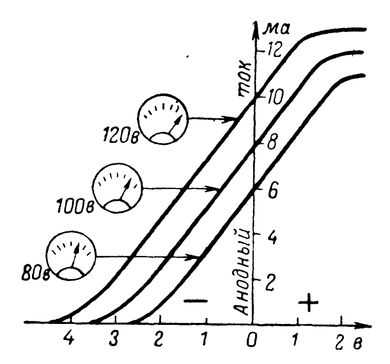


Фиг. 1. Сеточная характеристика триода.

По мере уменьшения отрицательного заряда сетки лампа «отпирается»: появляется анодный ток, возрастающий сначала очень мало, а затем сильнее. Характер изменения этого тока на графике иллюстрирует кривая, идущая от горизонтальной оси его постепенно кверху. Когда заряд на сетке будет уменьшен до нуля, значение анодного тока лампы будет соответствовать точке пересечения характеристики с вертикальной осью, вдоль которой от нуля кверху отложены величины анодного тока.

Если постепенно сообщать сетке положительный заряд, то анодный ток продолжает

[1] С. А. Бажанов, Как работает радиолампа (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1947.



Фиг. 2. Семейство сеточных характеристик.

возрастать; поэтому характеристика подымается выше. Наконец, при каком-то положительном напряжении на сетке анодный ток достигает максимального значения (ток насыщения). Дальнейшее повышение положительного заряда на сетке уже не вызывает возрастания анодного тока, поэтому характеристика загибается и далее идет почти горизонтально. Вся эмиссия электронов полностью использована. Увеличение положительного заряда сетки далее приведет лишь к перераспределению электронного потока: все большее количество электронов будет задерживаться сеткой и соответственно меньшее их количество придется на долю анода. Радиолампы редко работают при столь больших положительных напряжениях на сетке.

Обратите внимание на характеристику, начинающуюся в точке пересечения осей. Это — *характеристика сеточного тока.* Отрицательно заряженная сетка не притягивает к себе электроны, и ток сетки равен нулю. При возрастании положительного напряжения на сетке ток в ее цепи увеличивается.

До сих пор мы считали напряжение на аноде постоянным. Но при увеличении этого напряжения анодный ток возрастает, а при понижении — уменьшается. Это приводит к необходимости снимать и, следовательно, вычерчивать не одну характеристику, а несколько — по одной для каждого выбранного значения анодного напряжения. Так получается *семейство характеристик* (фиг. 2), в котором характеристики, соответствующие более высоким анодным напряжениям, располагаются выше и левее характеристик, снятых при меньших анодных напряжениях. На большей части своей длины все характеристики оказываются параллельными.

Есть две возможности влиять на величину анодного тока: изменением напряжения на сетке и изменением напряжения на аноде. В первом случае требуются меньшие изменения, так как сетка находится ближе к катоду, чем анод, и поэтому изменения ее напряжения значительно сильнее влияют на электронный поток. Число, показывающее, во сколько раз изменение напряжения на сетке при прочих совершенно одинаковых условиях сильнее влияет на величину анодного тока, чем такое же изменение напряжения на аноде, называется *коэффициентом усиления лампы.* Так, например, если увеличение напряжения на аноде лампы, допустим на 20 *в*, вызывает такое же изменение анодного тока, как изменение напряжения сетки всего лишь на 1 *в*, то это значит, что коэффициент усиления данной лампы равен 20. Да это и понятно, потому что в данном случае влияние сетки на анодный ток будет в 20 раз сильнее влияния анода.

Зная величину коэффициента усиления, можно оценить усилительные свойства лампы, определить, во сколько раз более сильные электрические колебания возникнут в анодной цепи, если к сетке подвести относительно слабые электрические колебания. Только введение сетки в лампу позволило создать прибор, во много раз усиливающий слабые электрические колебания.

Существенное значение при оценке свойств лампы имеет *крутизна* (наклон) *характеристики.* Чем большей крутизной характеристики обладает лампа, тем более чувствительна такая лампа к изменениям напряжения на сетке: достаточно изменить сеточное напряжение в очень малой степени, чтобы вызвать значительное изменение анодного тока. Количественно крутизна характеристики лампы оценивается величиной изменения анодного тока в миллиамперах при изменении сеточного напряжения на один вольт. Поэтому и выражается она в миллиамперах на вольт (сокращенно *ма/в*).

Тетроды и пентоды[1]

Введение в лампу сетки придало ей чудесное свойство усилителя, практически не имеющего инерции. Электроны так малы и скорость их полета в лампе столь велика, что лампа практически мгновенно реагирует на все изменения напряжения на ее сетке. Лишь в самое последнее время в связи с применением сверхвысоких частот (например, в радиолокационной аппаратуре) скорости полета электронов в лампе оказались недостаточными, что

[1] А. Горшков. «Радио», 1948, № 10

заставило конструировать новые специальные типы электронных приборов.

Но не только это обстоятельство привело к необходимости изменять конструкцию ламп. У трехэлектродной лампы есть ряд недостатков, которые можно преодолеть только введением в нее дополнительных электродов, главным образом дополнительных сеток.

Сначала казалось, что при помощи трехэлектродных ламп можно получить усиление любой величины. Если недостаточно усиление, даваемое одной лампой, то можно применить две-три, пять и т. д. ламп и, в конце концов, получить нужное усиление. Казалось также возможным увеличивать усиление одной лампы путем усовершенствования ее конструкции, например при увеличении густоты сетки коэффициент усиления возрастает.

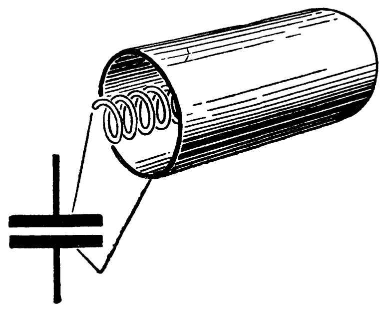
Однако вскоре накопленный опыт конструирования и эксплуатации трехэлектродных ламп показал, что возможности этой лампы ограничены. Предел повышению коэффициента усиления лампы вызывается рядом причин. Например, устройство чрезмерно густой сетки недопустимо, так как тогда анодный ток становится малым и сильно возрастает бесполезный и даже вредный сеточный ток. Возможность применения многих ламп для последовательного усиления сигнала ограничивается опасностью возникновения собственных колебаний вследствие наличия у лампы междуэлектродных емкостей. С этим последним фактором надо познакомиться поближе, так как междуэлектродные емкости ламп играют огромную роль в работе радиоаппаратуры.

Два любых проводника, помещенных на некотором расстоянии один от другого, обладают определенной взаимной емкостью. Емкость эта зависит от размеров проводников и расстояния между ними.

Анод и сетка лампы являются проводниками, находящимися очень близко друг от друга. Поэтому между анодом и сеткой лампы существует определенная емкость, носящая название *междуэлектродной емкости* (фиг. 1). Именно это обстоятельство и не дает возможности получить при использовании трехэлектродных ламп большое усиление.

Объясняется это следующим образом.

Любая емкость способна проводить переменный ток, притом тем лучше, чем больше величина емкости и чем выше частота переменного тока. Поэтому пространство анод—сетка лампы не является для переменного тока непреодолимой преградой. Междуэлектродная емкость как бы «связывает» анодную цепь лампы с ее сеточной цепью (фиг. 2). Переменные напряжения, действующие в анодной цепи,



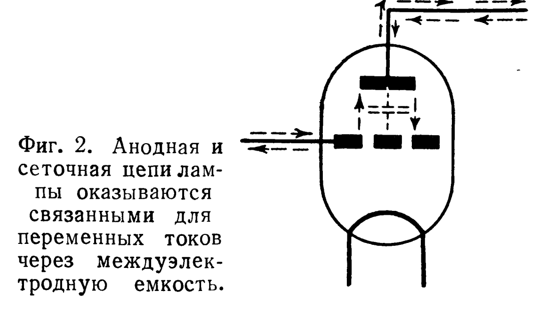
Фиг. 1. Анод и сетка составляют конденсатор.

через междуэлектродную емкость воздействуют на сеточную цепь и создают в ней некоторое напряжение, которое вновь воздействует на анодный ток.

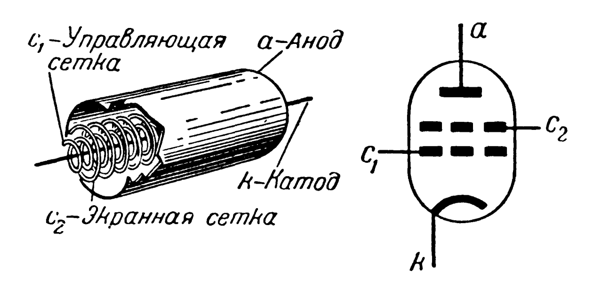
Это явление носит название *обратной связи.* Обратная связь широко используется в радиотехнике. Для генерирования высокочастотных токов на передающих радиостанциях служат ламповые генераторы с обратной связью. В каждом супергетеродинном приемнике имеется гетеродин, который также представляет собой генератор с обратной связью; обратная связь применяется в регенеративных приемниках для усиления принимаемых сигналов.

Но обратная связь полезна только тогда, когда она контролируется, когда она возникает там, где это нужно, и ее величина может по желанию регулироваться. Если же обратная связь возникает самопроизвольно, то она нарушает нормальную работу радиоаппаратуры и может вызвать появление генерации колебаний, которая порождает свист и вой, приводит к сильному искажению сигналов. Такая самопроизвольно возникшая неконтролируемая обратная связь называется *паразитной.*

Междуэлектродные емкости трехэлектродных ламп способствуют возникновению паразитных обратных связей. При малом усилении действие их незаметно, но при большом усилении паразитные обратные связи приводят к возникновению собственных колебаний. Поэтому междуэлектродные емкости делают невозмож-



Фиг. 2. Анодная и сеточная цепи лампы оказываются связанными для переменных токов через междуэлектродную емкость.



Фиг. 3. Устройство тетрода и его условное обозначение.

ным получение больших усилений. Для осуществления усилителей с большим коэффициентом усиления нужны лампы, в которых была бы устранена или по крайней мере значительно уменьшена междуэлектродная емкость.

ТЕТРОД. Задача эта была решена. В пространство между управляющей сеткой лампы и ее анодом была введена дополнительная сетка, которая в схеме соединяется через конденсатор с катодом лампы и экранирует сетку от анода. Величина междуэлектродной емкости при этом снижается в сотни и даже в тысячи раз. В качестве примера можно указать, что величина емкости анод—сетка у триодов составляет не менее 2—3 *пф*, а в лампах с дополнительной сеткой она снижается до 0,01 *пф*.

Дополнительная сетка, введенная в пространство между анодом и основной сеткой лампы, получила название *экранирующей* или *экранной сетки*, а лампа с такой сеткой называется *экранированной лампой* (фиг. 3). Основную сетку лампы в отличие от экранной сетки стали называть *управляющей* или *сигнальной*, так как к ней подводится напряжение приходящего сигнала и она управляет анодным током.

Экранированная лампа состоит, таким образом, из четырех электродов: катода, управляющей сетки, экранной сетки и анода; поэтому она получила название *четырехэлектродной лампы* или *тетрода* (от греческого слова — четыре).

Экранная сетка не только уменьшает паразитную емкость, но она позволяет увеличить и коэффициент усиления лампы. Если коэффициент усиления триодов не превышает 100 (обычно он лежит в пределах от 10 до 30), то у экранированных ламп он измеряется многими сотнями. Все это приводит к тому, что экранированная лампа может дать значительно большее усиление по сравнению с триодом и позволяет конструировать усилители с большим общим коэффициентом усиления.

Применение тетродов позволило повысить качество радиоаппаратуры.

Однако изучение тетродов и особенностей аппаратуры, работающей на таких лампах, вскоре показало, что у экранированных ламп наряду со многими достоинствами есть один очень крупный недостаток — склонность к так называемому *динатронному эффекту*.

Что же представляет собой динатронный эффект?

Читатели уже знают, что электроны в пространстве между катодом и анодом несутся с очень большой скоростью. Скорость, с которой они достигают анода, измеряется тысячами километров в секунду.

В результате электронной бомбардировки из поверхности анода выбиваются электроны, получившие название *вторичных* в отличие от *первичных* электронов, составляющих основной анодный ток лампы (фиг. 4). Вторичные электроны, с силой выбитые из анода, приобретают известную скорость и вследствие этого могут отлетать на некоторое расстояние от анода.

Электрон, несущий отрицательный электрический заряд, находясь в пространстве между анодом и экранной сеткой, будет испытывать притяжение к тому из этих электродов, напряжение которого выше. Поэтому, если напряжение на экранной сетке оказывается выше, чем напряжение на аноде, вторичные электроны будут притягиваться экранной сеткой. Но летящие электроны представляют собой электрический ток. Если выбитые из анода вторичные электроны летят к экранной сетке, то в пространстве между анодом и экранной сеткой установится ток, направление которого обратно направлению основного анодного тока, вследствие чего величина общего анодного тока уменьшается.

Это явление и называют динатронным эффектом. Оно приводит к сильным искажениям и значительно ограничивает возможность использования усилительных свойств лампы.

Динатронный эффект, как указывалось, возникает тогда, когда напряжение на аноде ниже напряжения на экранной сетке. При работе лампы это может иметь место. Хотя на экранную сетку обычно подается несколько меньшее постоянное напряжение, чем на анод, но мгновенное значение напряжения на аноде в некоторые моменты работы лампы может оказаться ниже, чем напряжение на экранной сетке. В самом деле, переменное напряжение на управляющей сетке вызывает на сопротивлении анодной нагрузки лампы значительно большее переменное напряжение. Это переменное напряжение во время своего отрицательного полупериода уменьшает величину анодного напряжения. Поэтому при сильных коле-

баниях напряжение на аноде в некоторой части периода может оказаться ниже напряжения на экранной сетке, что приводит к возникновению динатронного эффекта. Экранированные лампы могут хорошо работать только при условии, что к их управляющей сетке подводятся небольшие напряжения.

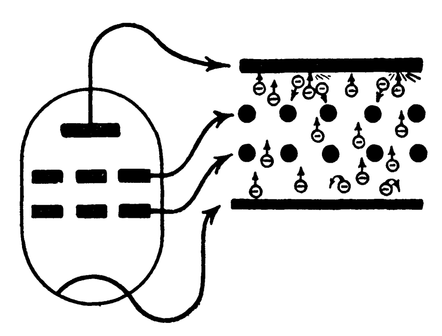
ПЕНТОД. Чтобы полностью использовать прекрасные свойства экранированной лампы, надо устранить возможность возникновения динатронного эффекта. Для этой цели в лампу вводится еще одна — третья — сетка, которая помещается между анодом и экранной сеткой. Эта сетка соединяется с катодом (иногда внутри лампы, иногда вне ее) и защищает выбитые из анода вторичные электроны от притягивающего действия экранной сетки. Благодаря этому вторичные электроны не притягиваются экранной сеткой.

Эту третью сетку называют *защитной* или *противодинатронной сеткой*. Лампа с такой сеткой имеет уже пять электродов (катод, три сетки и анод), отчего она получила название *пентода* (от греческого слова — пять). Ее можно, конечно, назвать и *пятиэлектродной лампой* (фиг. 5).

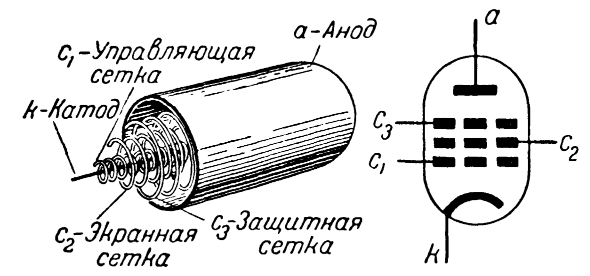
Коэффициент усиления хороших пентодов достигает нескольких тысяч, причем такие лампы пригодны для усиления переменных напряжений с большой амплитудой. Лампы выпуска последних лет являются в большинстве своем пентодами, например 1К1П, 2К2М, 6К7 и др.

Помимо пентодов есть более сложные и имеющие большее число электродов лампы. Например, гептоды 1А1П и 6А7 имеют по семи электродов. Такие лампы обычно предназначаются для одновременного выполнения нескольких процессов.

Выпускаются также комбинированные лампы, представляющие собой две или три лампы, заключенные в один общий баллон и имеющие общий катод. Одну такую лампу всегда можно заменить двумя отдельными лампами. Например, лампа 6Г7 представляет собой соединение в одном баллоне триода и двух диодов. Ее всегда можно заменить отдельными триодом и двойным диодом или триодом и двумя отдельными диодами.



Фиг. 4. Электроны, бомбардирующие анод, выбивают из него вторичные электроны.



Фиг. 5. Устройство пентода и его условное обозначение в схемах.

Усвоив принцип работы диода, триода, тетрода и пентода, читатель будет в состоянии понять принципы действия любой из ламп, несмотря на их многообразие, так как более сложные лампы всегда можно расчленить на лампы указанных здесь четырех основных типов.

Наглядные пособия для демонстрации устройства и работы электронных ламп[1]

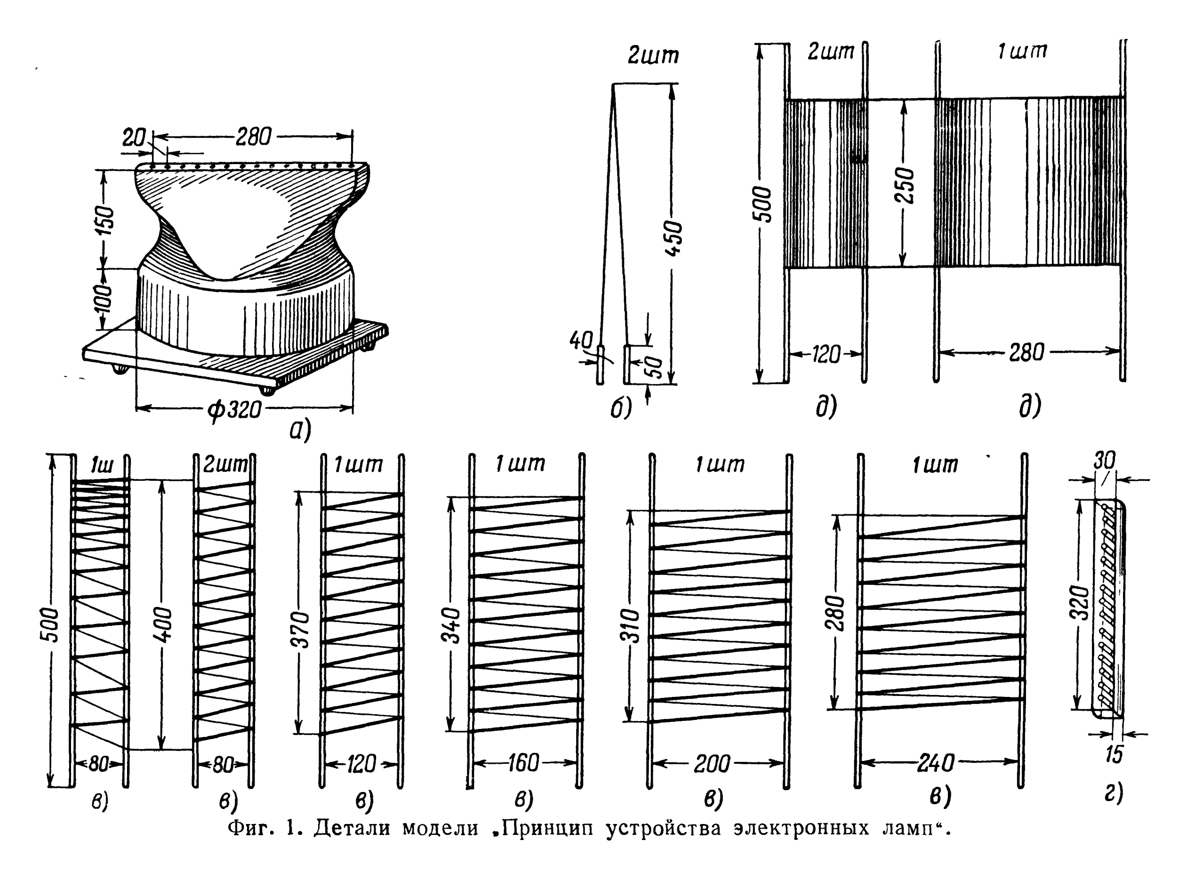
Простейшим и довольно наглядным пособием могут являться щиты с набором испорченных ламп со снятыми баллонами.

Для демонстрации устройства радиоламп в классе во время занятий по изучению электронных ламп можно рекомендовать модель «Принцип устройства электронных ламп».

Эта модель состоит из комплекта различных электродов и деталей крупного размера, позволяющих собирать электродные системы радиоламп разных типов. Отдельные детали модели и их размеры приведены на фиг. 1.

Основание *а*, имитирующее стеклянную ножку лампы, изготовлено из дерева. На его гребне на расстоянии 2 *см* друг от друга расположены 15 отверстий. Нити накала *б* и сетки *в* выполнены из толстой (2—3 *мм*) медной проволоки. В качестве подогревных катодов используются кембриковые трубки, окрашенные белой краской («активный слой») и одеваемые на нить накала. Аноды *д* изготовлены из

[1] В. К. Лабутин. Наглядные пособия по радиотехнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 1. Детали модели „Принцип устройства электронных ламп".

жести. Для скрепления электродов сверху служит пластинка *г* из органического стекла или толстого целлулоида с 15 отверстиями, расположенными так же, как на основании *а*. Все детали окрашены: нити накала — красной краской, сетки — серебристой, аноды — черной.

ДЕЙСТВУЮЩИЙ МАКЕТ «ТРИОД». Внешний вид действующего макета «Триод» представлен на фиг. 2.

На демонстрационной панели изображена типовая испытательная схема, применяемая для снятия характеристик ламп. Два вольтметра и и два миллиамперметра измеряют анодные и сеточные напряжения и токи. Возможность испытания триодов различных серий обеспечена наличием отводов у источника питания нити накала на 2, 4 и 6,3 *в*. Испытательная ламповая панелька — пятиштырьковая. Лампы с другой цоколевкой вставляются с помощью переходных цоколей. В левой верхней части панели расположена черная доска с нанесенной белой краской координатной сеткой. Она служит для построения характеристик. Нить накала схематического обозначения триода вырезана, заклеена красным целлофаном и электрифицирована изнутри. Надпись на панели содержит следующий текст: *«Трехэлектродная лампа обладает свойством изменять ток в анодной цепи при изменении напряжения на управляющей сетке».*

Методика использования макета довольно разнообразна. На теоретических занятиях он применяется: 1) для демонстрации основных свойств триода (управление анодным током с помощью изменения сеточного напряжения, запирание лампы, ток насыщения, сеточный ток); 2) для снятия и демонстрации анодных и сеточных характеристик триода; 3) для пояснения некоторых параметров (крутизны характеристики, коэффициента усиления); 4) для тренировки обучаемых в снятии ламповых характеристик.

Кроме того, макет может применяться при практических работах.

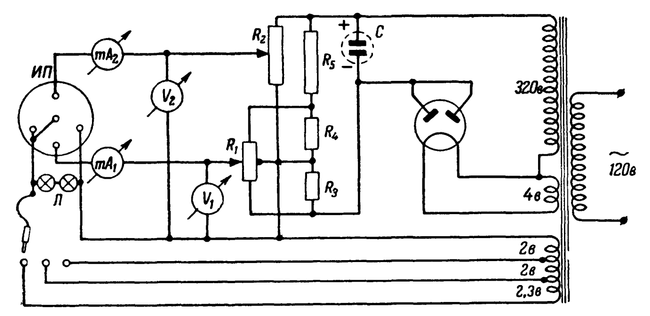
Принципиальная схема макета приведена на фиг. 3. Она отличается от демонстрационной только цепями питания. Лампочки *Л* служат для электрификации условного обозначения нити накала. Конденсатор *С* устраняет пульсацию стрелок приборов.

Наиболее ответственными деталями схемы являются сопротивления и потенциометры. Все они — проволочные. Потенциометр R_1 величиной в 10 000 *ом* рассчитан на мощность в 1 *вт*. Переменное сопротивление R_2 в 10 000 *ом* рассчитано на ток 50 *ма*. Сопротивление R_3 изго-

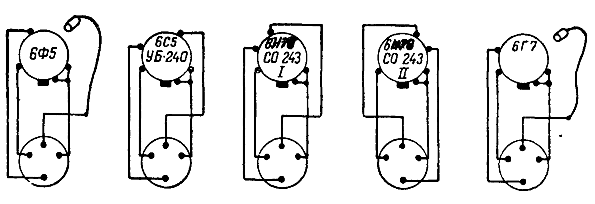
Фиг. 2. Внешний вид действующего макета „Триод“.

товляется из реостатного провода диаметром 0,15—0,2 *мм* и имеет 1 000 *ом*. Сопротивления R_4 (5 000 *ом*) и R_5 (20 000 *ом*) наматываются проводом 0,1 *мм*. В качестве постоянных сопротивлений могут быть использованы остеклованные сопротивления, рассчитанные на ток 15 *ма* (R_4 и R_5) и 100 *ма* (R_3). Конденсатор C (электролитический) емкостью 16—20 *мкф* рассчитан на напряжение 450 *в*. Кенотрон типа ВО-188 или 5Ц4С. Силовой трансформатор должен обладать мощностью 60—75 *вт* и давать указанные на схеме напряжения. Лампочки *Л* рассчитаны на 2,5 *в* и 0,07 *а*. Измерительные приборы — типа 4МШ со шкалами 50—0—50 *в* (V_1), 300 *в* (V_2), 25 *ма* (mA_1) и 50 *ма* (mA_2).

Макет позволяет испытывать триоды старого типа, например УО-186, а также УБ-240, СО-243, 6Ф5, 6С5, 6Г7, 6Н7С. Последние шесть ламп включаются с помощью переходных колодок, схемы которых представлены на фиг. 4.



Фиг. 3. Принципиальная схема действующего макета „Триод“.



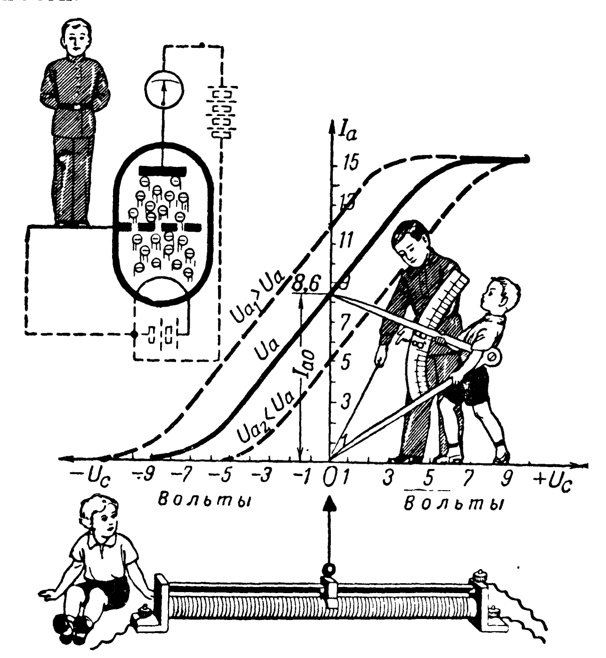
Фиг. 4. Схемы переходных колодок.

Классы усиления[1]

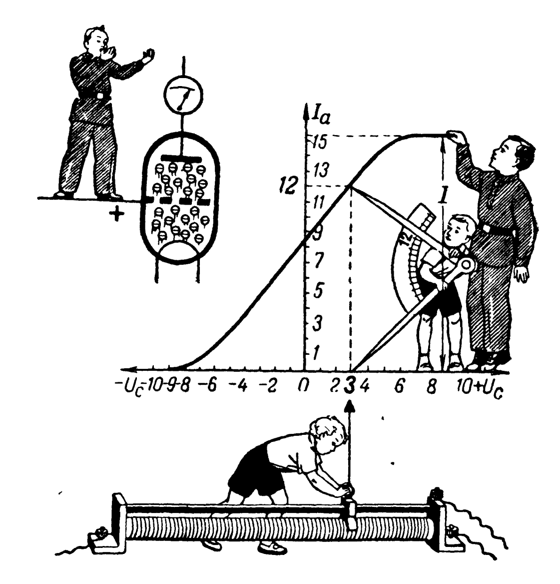
Начинающим изучать радиотехнику, как показывает опыт, иногда трудно выработать четкое представление о режимах усиления. Что такое режим AB_2 и чем он отличается от режима B_2? Существуют ли режимы BC_1, A_2 и C_2? Какой режим усиления наиболее выгоден в мощных оконечных ступенях? А в ступенях предварительного усиления — в усилителях напряжения?

Отчего возникают нелинейные искажения и в каком режиме они будут наименьшими? Что такое отсечка?

На эти и другие вопросы, относящиеся к затрагиваемой теме, в сильно упрощенном виде отвечают помещаемые ниже рисунки с подписями. Эти рисунки помогут запомнить то, что очень часто забывается вскоре после прохождения материала об усилителях низкой частоты на занятиях радиокружков и при самостоятельном ознакомлении с радиотехникой.



Фиг. 1. Отсчет анодного тока, когда сетка не заряжена.



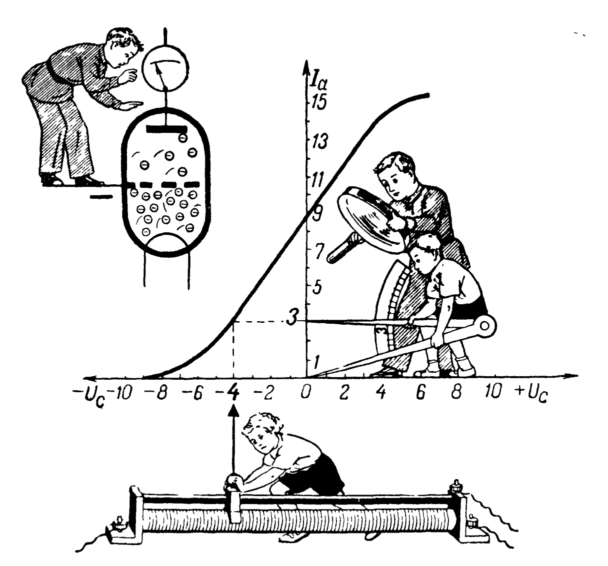
Фиг. 2. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет положительный заряд.

Характеристика лампы графически выражает собой зависимость анодного тока I_a от напряжения на сетке U_c при неизменном постоянном напряжении U_a на аноде. Величины напряжений на сетке — в вольтах — на графике отложены по горизонтальной оси: отрицательные напряжения — влево от нуля, положительные — вправо. Величины анодного тока — в миллиамперах — отложены по вертикальной оси вверх от нуля. Имея перед собой характеристику лампы (фиг. 1), можно быстро определить, чему равен анодный ток при любом напряжении на сетке: при $U_c = 0$, например, $I_a = I_{a0} = 8{,}6$ *ма*. Если интересуют значения этого тока при других анодных напряжениях, то вычерчивают не одну характеристику, а несколько: для каждого значения анодного напряжения отдельно. Характеристики для меньших анодных напряжений будут располагаться правее, а для больших — левее рассмотренной нами характеристики, обозначенной на фиг. 1 сплошной жирной линией. Получается семейство характеристик.

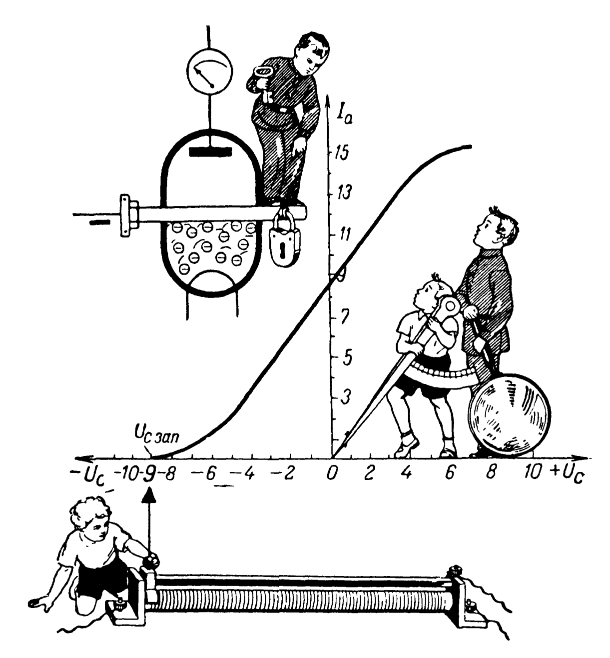
Напряжение на сетке делаем положительным: $U_c = +3$ *в*. Что произошло с анодным током? Он увеличился до 12 *ма* (фиг. 2).

Положительно заряженная сетка притягивает электроны и тем самым «подталкивает» их к аноду. Чем больше положительное напряжение на сетке, тем больше ее воздействие на поток электронов, что приводит к увеличению анодного тока. Но наступает такой момент, при котором возрастание тока уменьшается, характеристика получает изгиб (верхний) и, наконец, анодный ток почти совершенно перестает возрастать (горизонтальный участок характеристики). Это — насыщение: все электроны, испускаемые накаленным катодом лампы, полностью отбираются от него анодом и сеткой. При данном анодном напря-

[1] С. А. Бажанов, Как работает радиолампа (Массовая радиобиблиотека). Госэнергоиздат, 1947.



Фиг. 3. Отсчет анодного тока, когда сетка имеет небольшой отрицательный заряд.



Фиг. 4. Лампа „заперта".

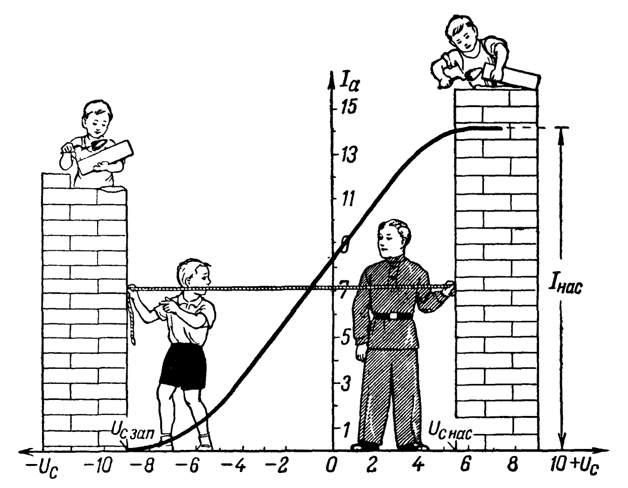
жении и напряжении накала анодный ток лампы не может сделаться больше тока насыщения $I_{нас}$.

Напряжение на сетке делаем отрицательным, переходим в область левее вертикальной оси, в «левую область». Чем больше отрицательное напряжение на сетке, чем дальше влево, тем меньше становится анодный ток. При $U_c = -4$ *в* анодный ток уменьшается до $I_a = 3$ *ма* (фиг. 3). Объясняется это тем, что отрицательно заряженная сетка отталкивает вылетающие с катода электроны обратно, не пропуская их к аноду. Обратите внимание на то, что в нижней части характеристики также получается изгиб, как и в верхней. Как будет ясно из дальнейшего, наличие изгибов значительно ухудшает работу лампы. Чем прямолинейнее характеристика, тем лучше усилительная лампа.

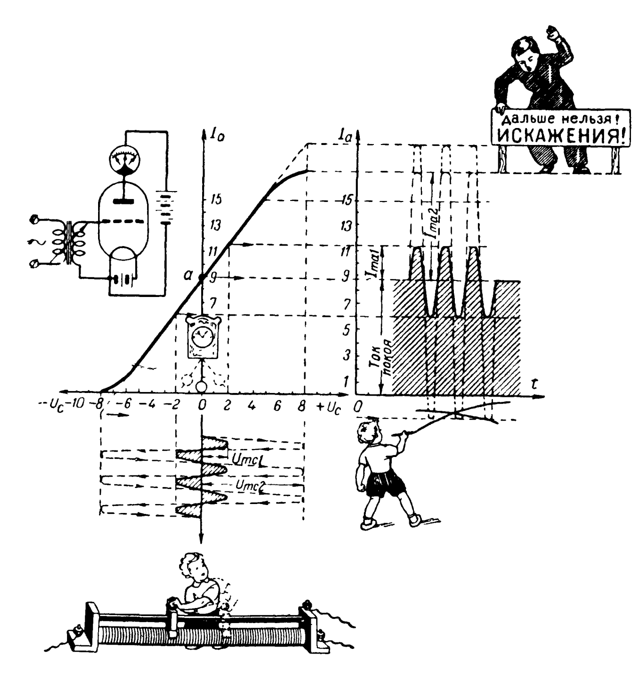
Сделаем отрицательное напряжение на сетке настолько большим, чтобы сетка отталкивала от себя все электроны обратно к катоду, совершенно не пропуская их к аноду. Поток электронов обрывается, анодный ток делается равным нулю. Лампа «запирается» (фиг. 4). Напряжение на сетке, при котором происходит «запирание» лампы, называется *напряжением запирания* (обозначено $U_{c\,зап}$).

Для взятой нами характеристики $U_{c\,зап} = -9$ *в*. „Отпереть" лампу можно уменьшением отрицательного напряжения на сетке или же увеличением анодного напряжения.

Установив постоянное напряжение на аноде, можно менять анодный ток I_a от нуля ($I_a = 0$) до максимума ($I_a = I_{нас}$) изменением напряжения на сетке в пределах от $U_{c\,зап}$ до $U_{c\,нас}$ (фиг. 5). Так как сетка расположена к катоду ближе, чем анод, то достаточно лишь немного изменить сеточное напряжение, чтобы значительно изменить анодный ток. В нашем случае достаточно изменить напряжение на сетке всего лишь на 14,5 *в*, чтобы уменьшить анодный ток от максимума до нуля. Воздействие сеточного напряжения на поток электронов — исключительно удобная возможность управления величиной электрического тока, в осо-



Фиг. 5. „Пределы" изменения анодного тока в зависимости от напряжения сетки при заданном напряжении анода.



Фиг. 6. Переменное напряжение на сетке создает пульсирующий анодный ток.

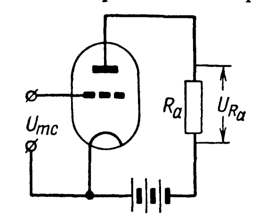
бенности, если учесть, что это воздействие осуществляется почти мгновенно, с очень малой инерцией.

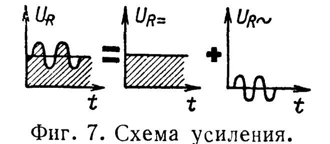
Будем непрерывно менять напряжение на сетке, делая его то положительным, то отрицательным. С этой целью подведем к сетке переменное напряжение с амплитудой U_{mc1}, называемое *напряжением возбуждения лампы*. График этого напряжения (синусоида) нанесен на вертикальной оси времени t, идущей вниз от нуля. Анодный ток будет *пульсировать* — периодически увеличиваться и уменьшаться — с частотой, равной частоте изменения напряжения возбуждения. График пульсаций анодного тока, повторяющий по своей форме график напряжения возбуждения, нанесен вдоль горизонтальной оси времени t вправо от характеристики. Чем больше величина U_{mc1}, тем в бо́льших пределах изменяется анодный ток (сравните на фиг. 6 U_{mc1} и I_{ma1} с U_{mc2} и I_{ma2}). Точка a на характеристике, соответствующая среднему (нулевому) значению напряжения на сетке и величине тока покоя в анодной цепи, называется *рабочей точкой*.

Что произойдет, если в анодную цепь лампы (фиг. 7) включить сопротивление R_a? Через него будет проходить анодный ток I_a, вследствие чего на нем получится падение напряжения U_{Ra}, пульсирующее с частотой напряжения возбуждения и повторяющее все изменения тока. Пульсирующее напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения $U_{R=}$ и переменного напряжения $U_{R\sim}$ с амплитудой U_{ma}. При правильно выбранной величине R_a амплитуда переменной составляющей анодного напряжения U_{ma} в усилителях напряжения оказывается больше U_{mc}, т. е. осуществляется усиление переменного напряжения. Отношение U_{ma} и U_{mc} называется *коэффициентом усиления схемы*.

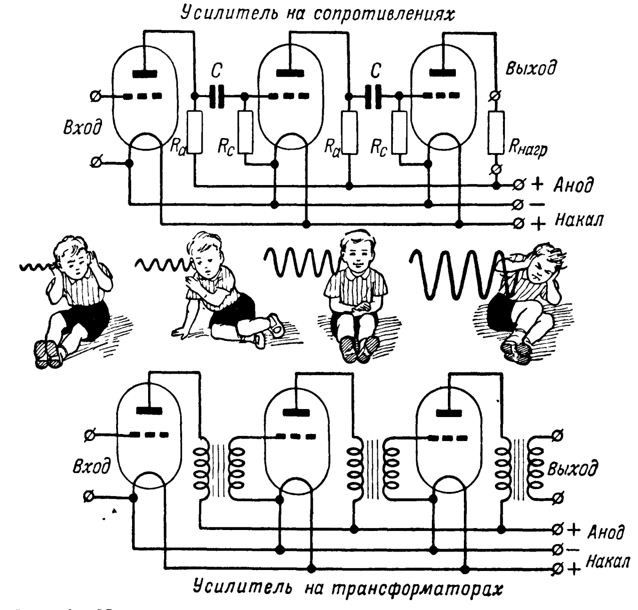
Если усиление, даваемое одной лампой, недостаточно, то усиленное первой лампой напряжение подают ко второй лампе, а от второй — к третьей и т. д. Так осуществляется усиление ступенями. На фиг. 8 приведены сильно упрощенные схемы трехламповых усилителей: вверху — схема усилителя на сопротивлениях, а внизу — на трансформаторах.

На фиг. 9 показана такая же характеристика лампы, как и на фиг. 6, только без верх-





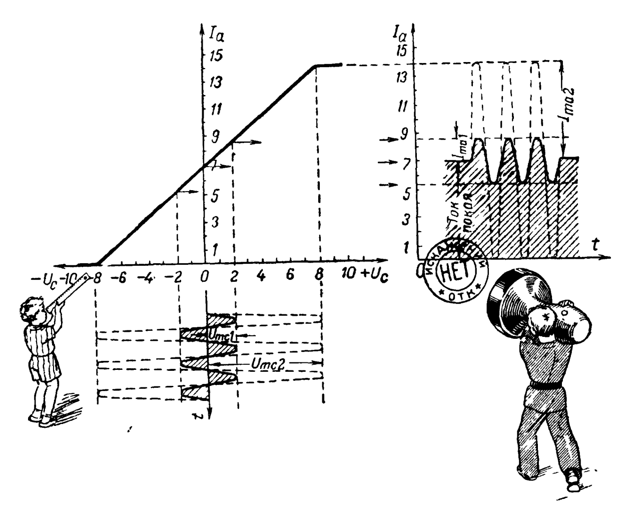
Фиг. 7. Схема усиления.



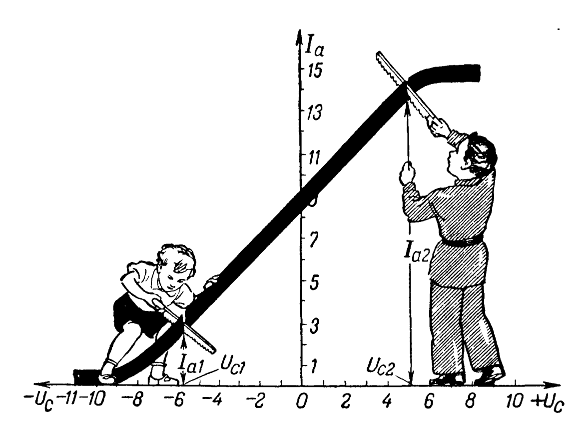
Фиг. 8. Упрощенные схемы трехламповых усилителей.

него и нижнего плавных изгибов. Это — идеализированная характеристика. Сравните между собой фиг. 6 и фиг. 9 и вы увидите, к чему приводит наличие изгибов на реальной характеристике. Они вызывают в анодной цепи искажения формы кривой усиленных колебаний, а эти искажения недопустимы, в особенности, когда они большие. Громкоговоритель, присоединенный к усилителю, работающему с искажениями, воспроизводит хриплые звуки, речь становится неразборчивой, пение — неестественным и т. п. Такие искажения, обусловленные криволинейностью или, как принято говорить, нелинейностью ламповой характеристики, называются *нелинейными*. Их совершенно не будет, если характеристика строго линейна: здесь график колебаний анодного тока в точности повторяет график колебаний напряжения на сетке.

Характеристики большинства усилительных ламп в своей средней части прямолинейны. Напрашивается вывод: использовать не всю характеристику лампы вместе с изгибами, а только ее прямолинейный средний участок (фиг. 10). Это избавит усиление от нелинейных искажений. Чтобы это осуществить, напряжение на сетке не должно превышать в сторону отрицательных значений $-U_{c1}$, а в сторону положительных значений $+U_{c2}$. Величина анодного тока при этом будет меняться в суженных пределах: не от $I_a = 0$ до $I_a = I_{нас}$ (фиг. 5), а от I_{a1} до I_{a2} (фиг. 10). В этих пределах ламповая характеристика почти совершенно прямолинейна, искажений почти не получится, но зато лампа будет использована не до пределов своих возможностей, ее коэффициент полезного действия (к. п. д.) окажется низким. В тех случаях,



Фиг. 9. Характеристика лампы, работающей без искажений.



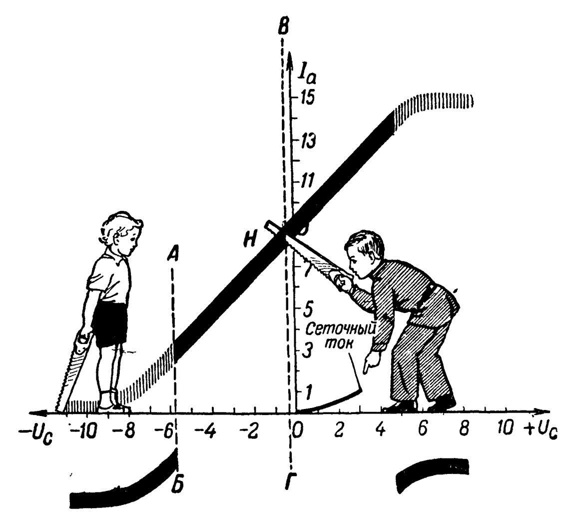
Фиг. 10. Как устранить искажения при усилении.

когда необходимо получить неискаженное усиление, с этим обстоятельством приходится мириться.

К сожалению, нелинейными искажениями дело не ограничивается. В моменты, когда сетка заряжена положительно, она притягивает к себе электроны, отнимая некоторое их количество от общего потока, направленного к аноду. Благодаря этому в цепи сетки возникает сеточный ток. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление того источника переменного напряжения, которое подается на сетку, создает на этом сопротивлении падение напряжения.

Вследствие этого напряжение на зажимах источника, а значит, и на сетке лампы уменьшается. Такое уменьшение получается тем более резко выраженным, чем больше положительное напряжение на сетке. В результате при положительных импульсах сеточного напряжения импульсы анодного тока будут уменьшенными, т. е. опять появляются искажения формы анодного тока. Избавиться от этих искажений можно: в процессе усиления напряжение на сетке никогда не должно быть положительным и даже лучше, если оно вообще немного не доходит до нуля (фиг. 11). Его надо всегда поддерживать отрицательным, и тогда сеточного тока совершенно не будет. Это требование ведет к еще большему сокращению длины используемой части характеристики: правее линии *ВГ* — токи сетки, левее линии *АБ* — нелинейные искажения. Остается только небольшой участок характеристики, при использовании которого можно полностью избавиться от искажений в лампе; к. п. д. при этом становится еще меньше.

Но как использовать этот участок? Если к сетке подвести лишь напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, как на фиг. 7 и 9, то неизбежен



Фиг. 11. Как устранить искажения, вносимые наличием сеточного тока.

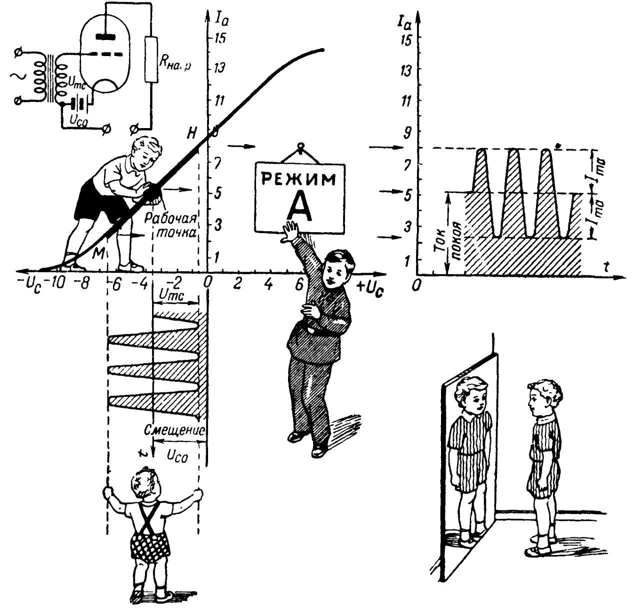
заход в правую область, в область сеточных токов. Подведем сначала к сетке постоянное отрицательное напряжение U_{c0} такой величины, чтобы рабочая точка сместилась влево по характеристике и оказалась как раз посредине участка *МН* (фиг. 12). Затем подадим к сетке напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}. Заход в правую область будет устранен, если величина U_{mc} не превысит U_{c0}, т. е. если $U_{mc} < U_{c0}$. Работая при таких условиях, лампа не будет вносить искажений. Этот режим работы лампы получил название *режима класса* А или короче режима А. Батарея, напряжение которой смещает по характеристике рабочую точку *а*, называется *батареей смещения*, а ее напряжение U_{c0} — *напряжением смещения.*

Среди других режимов низкочастотного усиления режим А — самый неэкономичный: у него только в отдельных случаях к. п. д. достигает 30—35%, а вообще бывает 15—20%. Но этот режим — самый «чистый», режим с наименьшими искажениями. Его применяют довольно часто, причем главным образом в маломощных усилительных ступенях (до 5—10 *вт*), в которых к. п. д. не имеет особо важного значения. У усилительных ламп с круто обрывающейся характеристикой нижний изгиб сравнительно короткий. Пренебрегая внесением незначительных нелинейных искажений, не обнаруживаемых при прослушивании звуковой программы, можно допустить более экономичное использование лампы и включить нижний изгиб в рабочий участок *МН* характеристики (фиг. 13). Такой режим лампы еще сохраняет за собой название режима А.

В учебниках встречается такое определение усиления режима А: это — режим, при котором лампа работает без отсечки анодного тока. На фиг. 14 показано, что такое *отсечка.* Амплитуда напряжения возбуждения U_{mc} настолько велика, что в течение некоторой части периода изменения этого напряжения лампа совершенно „запирается“, ток через лампу прекращается. Нижние части синусоиды пульсаций анодного тока не воспроизводятся и как бы отсекаются — отсюда и название „отсечка“. Отсечка может быть не только снизу, но и сверху („верхняя отсечка“, см. фиг. 21), когда наибольшее значение анодного тока должно было бы превысить ток насыщения лампы.

Итак, режим А — режим усиления без отсечки. Руководствуясь этим определением, мы можем отнести к этому режиму процессы, графически представленные на фиг. 6 (при U_{mc2}), фиг. 9 (тоже при U_{mc2}), фиг. 11 и 13. Но если считать, что режим А — режим без искажений, то такому условию удовлетворяет в полной мере лишь процесс, представленный на фиг. 12.

Широкое распространение получила двухтактная схема усилителя, работающего в режиме А. В этой схеме использована не одна, а две одинаковые лампы. Напряжение возбуждения подается так, что когда одна сетка заряжается положительно, другая заряжается отрицательно. Благодаря этому возрастание анодного тока одной лампы сопровождается одновременным уменьшением тока другой лампы. Это гораздо легче представить, если одну характеристику расположить в перевер-



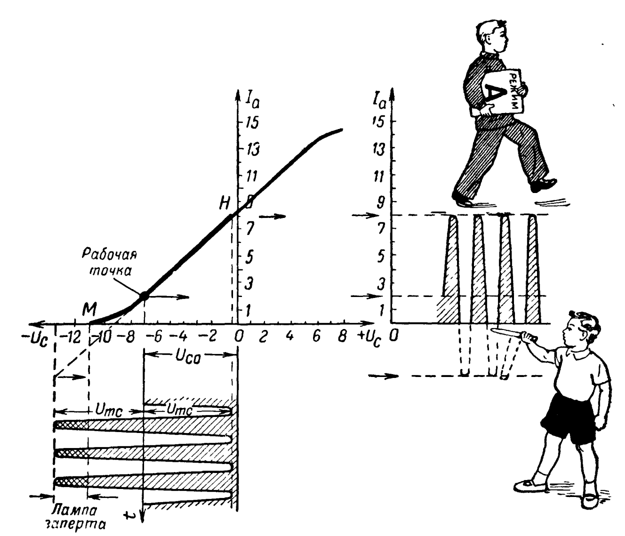
Фиг. 12. Работа лампы в режиме класса А.

нутом виде под другой: сразу становится понятным, как напряжение U_{mc} („раскачка") действует на токи в лампах (фиг. 15). В результате переменные напряжения, возникающие на двух половинках первичной обмотки трансформатора, складываются и на всей обмотке получается результирующее переменное напряжение удвоенной величины, т. е. $U_{ma} = U_{ma1} + U_{ma2}$.

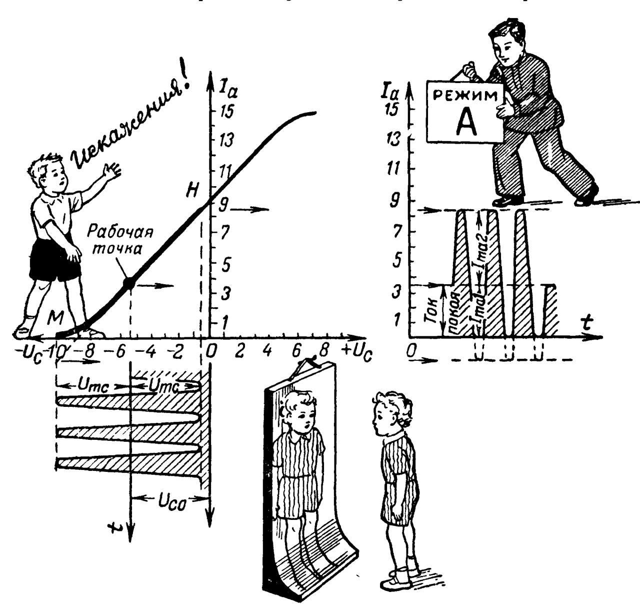
Двухтактная схема работает более экономично и с меньшими нелинейными искажениями, чем однотактная. Чаще всего эта схема применяется в оконечных (выходных) ступенях усилителей средней и большой мощности.

Рассмотрим такой случай: на сетку лампы подано напряжение смещения $U_{c0} = U_{c\,зап}$. Тем самым рабочая точка смещена на самый низ характеристики. Лампа „заперта", ее анодный ток в момент покоя равен нулю. Если в таких условиях к лампе подвести напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, то в анодной цепи появятся импульсы тока в форме „половинок периодов" с максимальным значением $I_{a\,макс}$. Иначе говоря, кривая усиливаемых колебаний исказится до неузнаваемости: срежется вся ее нижняя половина (фиг. 16). Такой режим может показаться совершенно непригодным для низкочастотного усиления—слишком уже велики искажения. Но подождем делать этот вывод о непригодности.

Спрямим у характеристики (фиг. 16) нижний изгиб, превратим реальную характеристику в идеализированную, совершенно прямолинейную (фиг. 17). Нелинейные искажения вследствие наличия нижнего изгиба пропадут, но останется срез половины кривой усиливаемых колебаний. Если бы удалось этот недостаток устранить или компенсировать, такой режим можно было бы использовать для низкочастотного усиления. Он выгоден: в моменты пауз, когда напряжение возбуждения не подается, лампа заперта и не потребляет ток от источника анодного напряжения. Но как устранить или компенсировать срезание половины кривой?



Фиг. 14. Лампа работает с отсечкой.



Фиг. 13. Работа лампы в режиме класса А с использованием нижнего изгиба характеристики.

Возьмем не одну лампу, а две, и заставим их работать попеременно: одну — от одного полупериода напряжения возбуждения, а другую — от другого, следующего за первым. Когда одна лампа будет «отпираться», другая в этот момент начнет «запираться», и наоборот. Каждая лампа в отдельности будет воспроизводить свою половину кривой, а совместным их действием будет воспроизведена полностью вся кривая. Искажение устранится. Но как для этого соединить лампы?

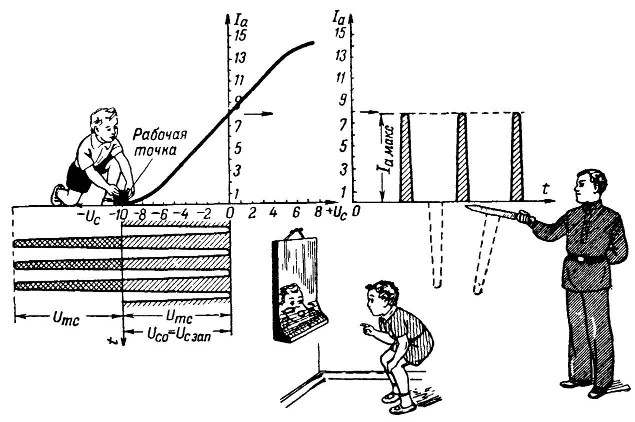
Конечно, по двухтактной схеме, изображенной на фиг. 15. Только на сетку каждой из ламп в этой схеме придется подать напряжение смещения $U_{c0} = U_{c\,зап}$. Пока напряжение возбуждения не подается, обе лампы «заперты» и их анодные токи равны нулю. Но вот подано напряжение возбуждения и лампы поочередно начинают «отпираться» и «запираться» (фиг. 18), работая импульсами, толчками.

Если характеристики ламп совершенно прямолинейны, лампы в точности одинаковы и отсечки у каждой из них выбраны правильно, то искажений не получается совершенно. Такой режим усиления, применяемый только для

Фиг. 15. Как работает двухтактная схема.

двухтактных схем, получил название идеального *режима* В.

Но в реальном режиме В, с реальными характеристиками, неизбежны нелинейные искажения из-за нижнего изгиба. Это и заставляет во многих случаях отказываться от использования режима В, вообще наиболее



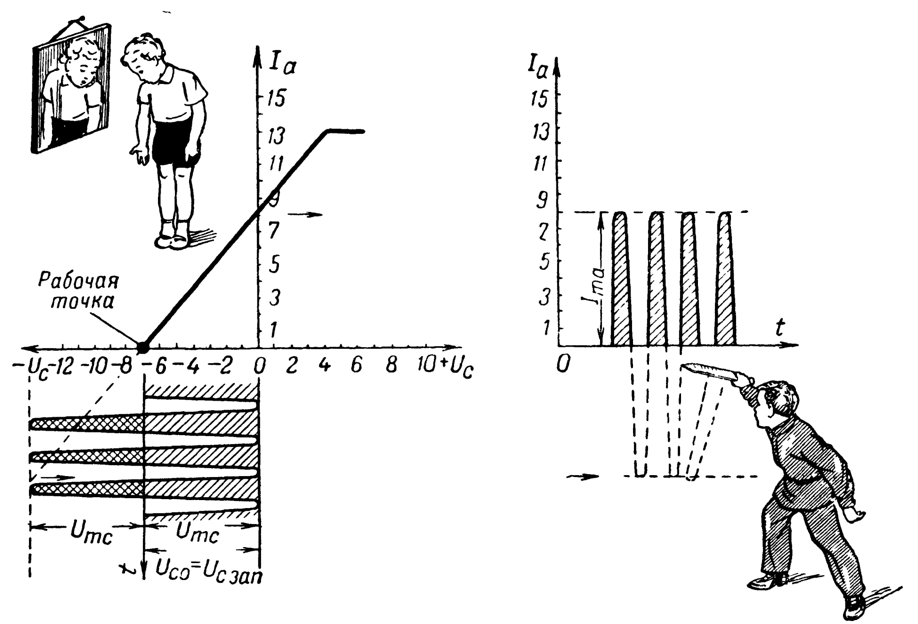
Фиг. 16. Работа лампы, когда рабочая точка сдвинута в начало характеристики.

экономичного из всех режимов низкочастотного усиления. Какой же режим низкочастотного усиления может быть рекомендован?

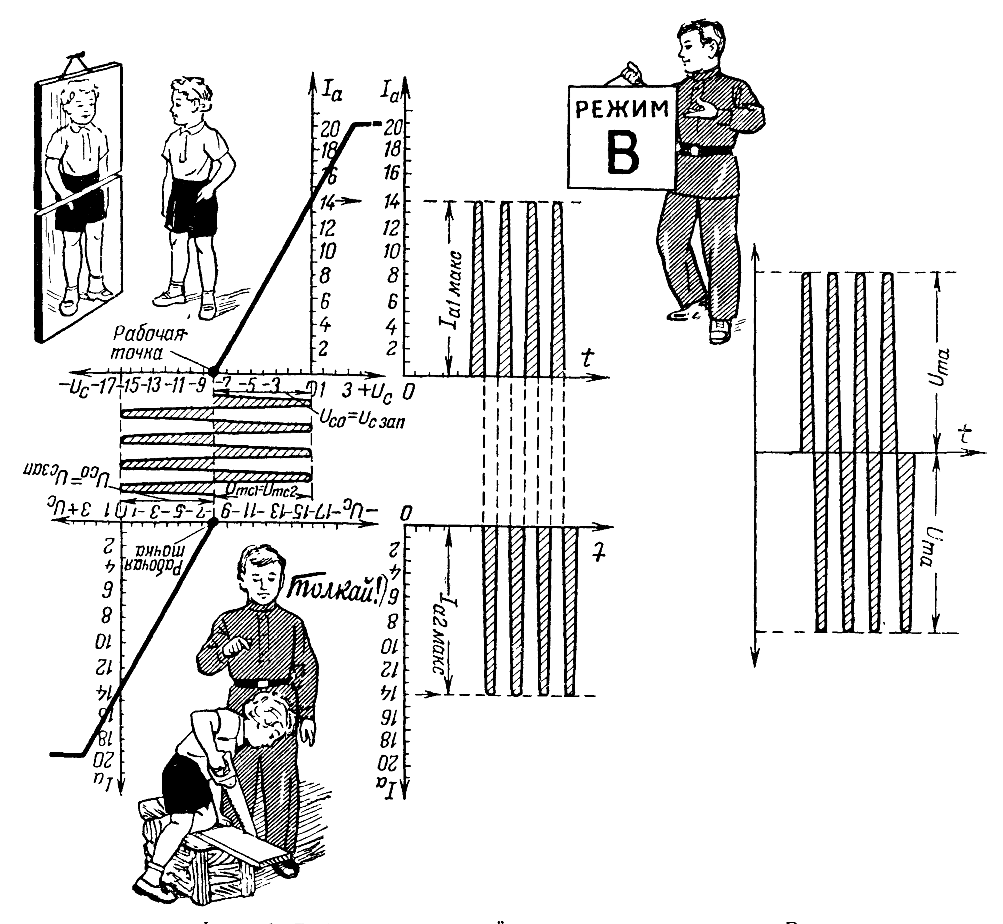
Режим А, как мы теперь знаем, мало экономичен, и его применение в мощных усилителях не всегда оправдывается. Он хорош только для маломощных ступеней. Случаи использования режима В также ограничены.

Но есть режим, занимающий промежуточное положение между режимами А и В, — это *режим* АВ. Однако, прежде чем ознакомиться с ним, укажем на принятое подразделение существующих режимов усиления. Если в процессе усиления получается заход в область сеточных токов, в правую область, то к обозначению режима прибавляется индекс 2, если же работа производится без токов сетки — индекс 1. Так различают режимы $В_1$ и $В_2$ (фиг. 19), режимы $АВ_1$ и $АВ_2$. Обозначения $А_1$ и $А_2$ почти не встречаются: режим А — режим совершенно без искажений, а значит, и без токов сетки. Просто — режим А.

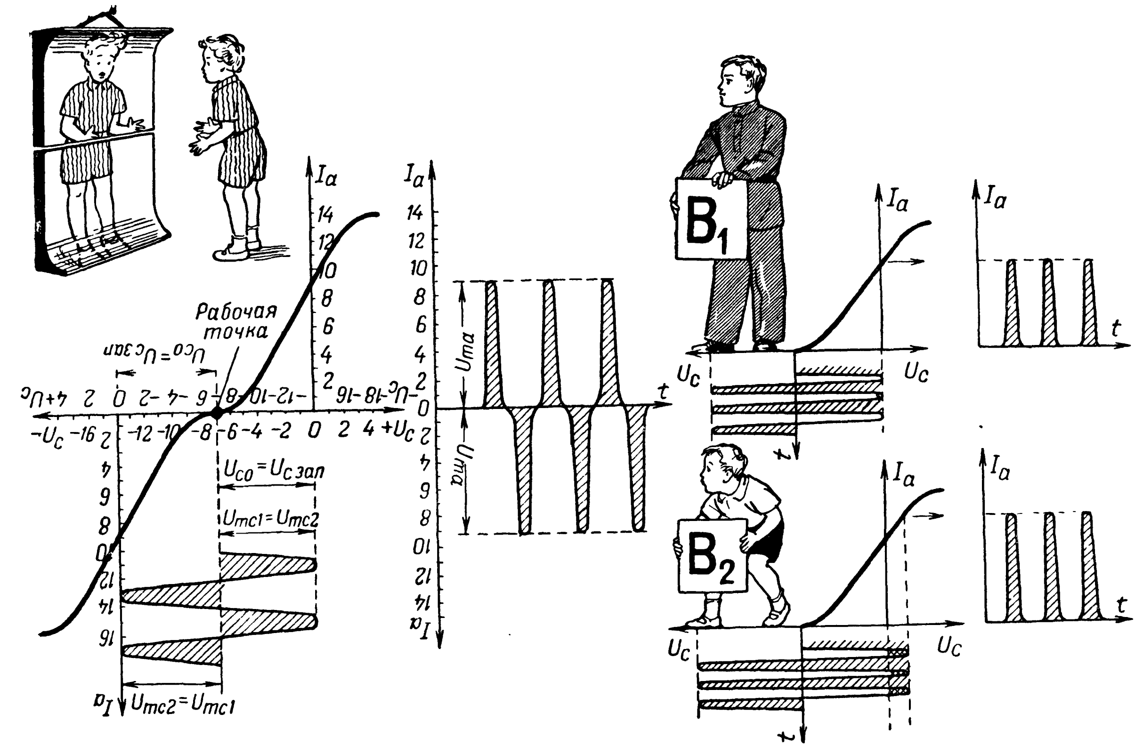
Теперь ознакомимся с режимом АВ. В этом режиме, как и в режиме В, лампы работают



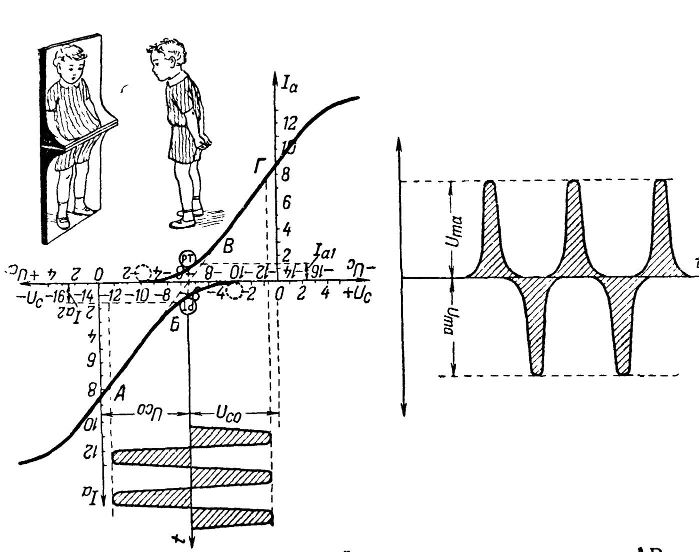
Фиг. 17. Работа лампы с полной отсечкой.



Фиг. 18. Работа двухтактной схемы в режиме класса В.



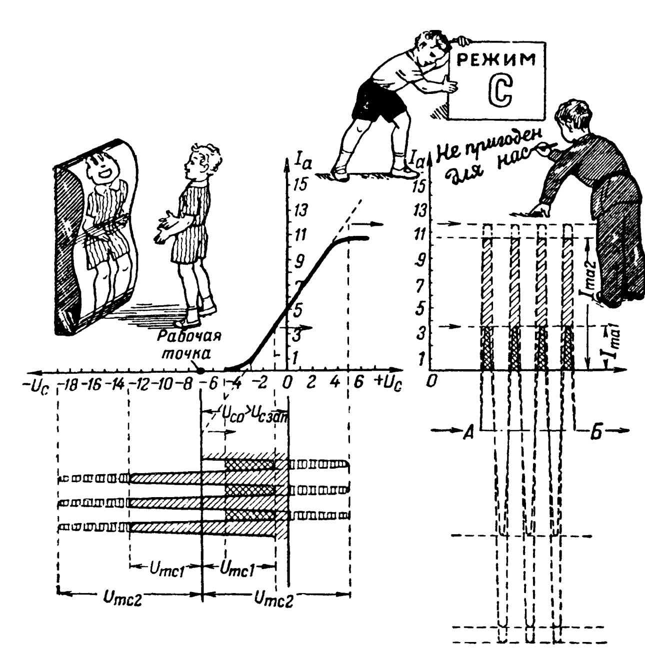
Фиг. 19. Чем отличается работа двухтактной схемы в режиме B_1 и B_2.



Фиг. 20. Работа двухтактной схемы в режиме класса АВ.

с отсечкой анодного тока, но рабочая точка на характеристике находится правее и выше, чем в режиме В. В моменты пауз токи через лампы не прекращаются, хотя они и невелики (I_{a1} и I_{a2}). Положение рабочей точки *РТ* (фиг. 20) определяется таким условием: результирующая характеристика *АБВГ* ламп, работающих в двухтактной схеме (для однотактных схем режим АВ вообще непригоден), должна быть как можно прямолинейнее. В то же время токи I_{a1} и I_{a2} желательно иметь малыми, поскольку их величина в значительной степени определяет к. п. д. Этим условиям удовлетворяет положение рабочей точки *РТ*, указанное на фиг. 20. Режим $АВ_2$ более экономичный, чем режим $АВ_1$ (к. п. д. в режиме $АВ_2$ достигает 65%, тогда как в режиме $АВ_1$ лишь 50%); он применяется в ступенях большой мощности (более 100 *вт*). В ступенях средней мощности (до 100 *вт*) рекомендуется применять режим $АВ_1$. Искажения в режиме $АВ_2$ заметно большие, чем в режиме $АВ_1$.

Наконец, известен еще один режим усиления—*режим* С. Он характерен тем, что рабочая точка в этом режиме устанавливается на оси сеточных напряжений левее точки „запирания“ лампы. На сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения $U_{c0} > U_{c\ зап.}$ В моменты пауз лампа „заперта“, и она „отпирается“ только для того, чтобы пропустить кратковременный импульс тока, длящийся менее половины периода. Обычно U_{mc} по абсолютному



Фиг. 21. Работа лампы в режиме класса С.

значению больше U_{c0}, вследствие чего осуществляется заход в область сеточных токов и даже имеет место верхняя отсечка (как показано на фиг. 21 для U_{mc2}). Искажения в режиме С настолько велики, что этот режим непригоден для низкочастотного усиления. Но он наиболее экономичен из всех режимов вообще (к. п. д. доходит до 75—80%) и поэтому применяется для усиления высокочастотных колебаний в радиопередающих устройствах, где нелинейные искажения не имеют такого значения, как в технике низкочастотного усиления.

Литература

Книги

Ф. Л. Левинзон-Александров, С. Л. Давыдов, И. П. Жеребцов, Радиотехника (учебник сержанта-связиста), Воениздат, 1949.

С. Кин, Азбука радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1953.

Учебно-наглядные пособия (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949. Описаны экспонаты 7-й Всесоюзной радиовыставки: демонстрационные схемы с электронными лампами конструкторской группы Ленинградского радиоклуба и демонстрационные пособия по радиолампам А. Г. Воробьева.

Учебно-наглядные пособия (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950. Описаны экспонаты 8-й Всесоюзной радиовыставки.

А. Х. Якобсон, Радиолампа, Связьиздат, 1951.

Статьи

С. Э. Хайкин, Как устроена и работает радиолампа, «Радио», 1951, № 4.

Е. Левитин, Двухэлектродные лампы, «Радио», 1953, № 7.

Е. Левитин, Двухэлектродные лампы, «Радио», 1953, № 8.

Е. Левитин, Многоэлектродные лампы, «Радио», 1953, № 9.



ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Гальванические элементы[1]

Гальванические элементы вырабатывают электрическую энергию за счет происходящих в них химических реакций. Каждый гальванический элемент состоит из двух проводников — *электродов*, погруженных в *электролит*, вступающий в химическую реакцию с одним из электродов. При потреблении от элемента тока этот электрод (обычно цинковый) растворяется в электролите.

По характеру электролита элементы разделяются на три группы: с жидким электролитом, с загущенным желеобразным электролитом (так называемые «сухие» элементы) и водоналивные. Первых два типа выпускаются готовыми к немедленному действию, элементы третьего типа должны быть перед употреблением залиты водой, так как они содержат электролит в сухом виде. Большинство выпускаемых элементов принадлежит к категории сухих (фиг. 1).

При работе элемента в его электролите выделяются газы, которые покрывают положительный электрод непроводящим слоем, препятствующим работе элемента. Это явление называется *поляризацией*. Для устранения явления поляризации во многие элементы вводятся деполяризаторы — вещества, поглощающие выделяющиеся газы, например двуокись марганца, окись меди и др. В элементах с воздушной деполяризацией (ВД) деполяризатором является кислород воздуха, для притока которого в элементе имеются специальные «дыхательные» отверстия.

Работа гальванического элемента теоретически прекращается по израсходовании всего электрода, растворяющегося в электролите. Но практически элементы перестают работать несколько раньше, обычно из-за высыхания или истощения электролита и деполяризатора.

Гальванические элементы характеризуются электродвижущей силой и электрической емкостью.

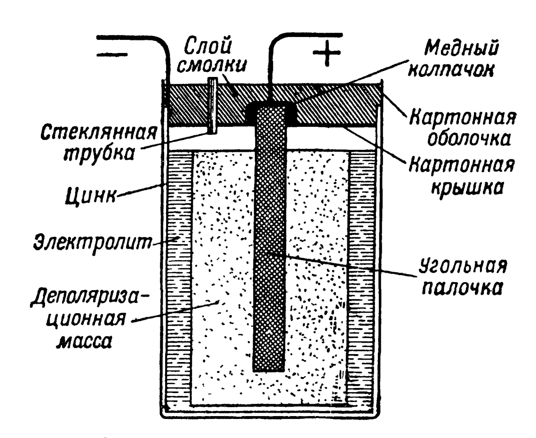
Электродвижущая сила (э. д. с.) *элемента* есть разность потенциалов, измеренная между его электродами при разомкнутой внешней цепи. Использовать полностью э. д. с. элемента нельзя, так как каждый элемент обладает относительно большим *внутренним сопротивлением*. При работе элемента, т. е. когда он дает ток I, его э. д. с. распределяется между внешним нагрузочным сопротивлением R и внутренним r пропорционально их величинам:

$$E = I \cdot r + I \cdot R.$$

Величина $I \cdot r$ представляет падение напряжения внутри элемента, а величина $I \cdot R$ — падение напряжения на сопротивлении нагрузки. Величина $I \cdot R$ называется *рабочим напряжением элемента* или просто *напряжением элемента*. Из сказанного следует, что напряжение элемента меньше его э. д. с. и не является величиной постоянной. Оно зависит от величины потребляемого от элемента тока: чем больше потребляемый от элемента ток, тем больше падение напряжения внутри элемента и тем меньше его рабочее напряжение.

Внутреннее сопротивление также не остается постоянным; оно возрастает с увеличением потребляемого от элемента тока и увеличивается по мере работы элемента. Внутреннее сопротивление элементов различных типов неодинаково. У элементов же каждого данного типа оно зависит от величины элемента: чем больше размеры элемента, тем меньше его внутреннее сопротивление и тем больший ток можно от него получить. Величина э. д. с. от размеров элемента не зависит; она присуща элементу данного типа и в зависимости от химического состава входящих в элемент веществ

[1] По разным источникам.



Фиг. 1. Разрез сухого элемента.

может лишь незначительно отклоняться от своей нормальной величины.

Электрической емкостью или просто *емкостью гальванического элемента* называется то количество электричества, которое он способен отдать во внешнюю цепь в течение всего времени разряда. Емкость Q измеряется в ампер-часах (*ач*) и определяется путем перемножения величины тока I в амперах, даваемого элементом, на время t в часах, в течение которого элемент разряжался, т. е.

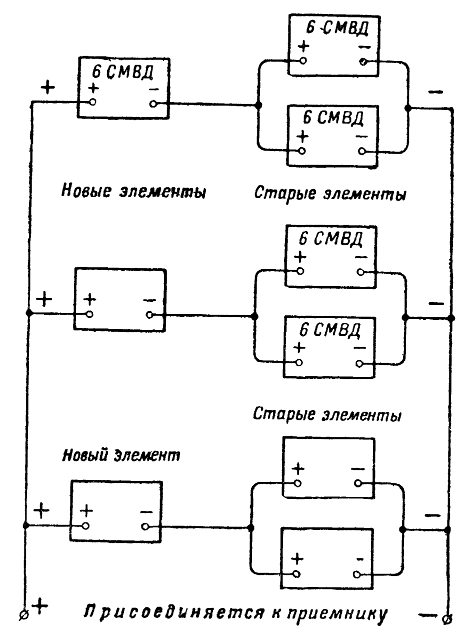
$$Q = I \cdot t.$$

Емкость элемента зависит от его размеров, материала электродов, количества и химического состава электролита и деполяризатора. Чем больше размеры элемента, тем больше его емкость. Теоретически емкость элемента определяется количеством вещества растворяющегося электрода.

Практически полная теоретическая емкость элемента не используется, так как обычно элемент становится неработоспособным, когда израсходуется примерно лишь половина его растворимого электрода. Саморазряд и другие побочные явления дополнительно снижают емкость элемента. Кроме того, величина емкости элемента зависит от величины разрядного тока. При слабом разрядном токе элементы отдают бо́льшую емкость, чем при разряде сильным током.

В заводском паспорте каждого элемента указывается величина сопротивления нагрузки, рекомендуемая для данного элемента. Элемент должен иметь свою этикетную емкость при разряде на такую нагрузку до напряжения 0,7 *в*.

В условиях питания ламп батарейных приемников элемент можно разрядить лишь до напряжения 0,9 *в*, вследствие чего используется лишь около половины емкости элемента. Для увеличения использования емкости элементов при питании ламп с двухвольтовым накалом разряженные элементы целесообразно соединить по два параллельно и последовательно с ними включать один свежий элемент. При большом разрядном токе две или три такие ветви соединяют параллельно, как показано на фиг. 2. Подобным комбинированием элементов можно значительно повысить коэффициент их использования.



Фиг. 2. Схема включения элементов, позволяющая более полно использовать их емкость.

Следует заметить также, что отдаваемая элементом емкость несколько увеличивается, если разряд происходит при комнатной температуре, и уменьшается при разряде в условиях низкой температуры, например на морозе.

Что такое ампер-час[1]

Ампер-час (сокращенное обозначение *ач*) является единицей измерения электрической емкости гальванического элемента или аккумулятора.

Что же представляет собой эта единица измерения и почему она так называется?

Ампер (сокращенное обозначение *а*), как известно, является единицей измерения силы электрического тока. Под электрическим током подразумевается движение электричества (упо-

[1] По разным источникам.

рядоченное движение электронов) по проводнику. Чем большее количество электричества протекает через поперечное сечение проводника в секунду, тем больше ток в проводнике. Для измерения количества электричества имеется специальная единица — кулон (сокращенное обозначение *к*). Один кулон содержит вполне определенное количество электричества. Если через поперечное сечение проводника протекает в одну секунду один кулон электричества, то величина тока в этом проводнике равна одному амперу. Следовательно, по величине тока можно легко определить, какое количество электричества протекло по проводнику в течение любого времени.

Если при токе в 1 *а* в каждую секунду протекает через проводник 1 *к* электричества, то в течение 1 мин. при том же токе будет протекать 60 *к* (1 *к* × 60 сек.), а в течение 1 часа — 3 600 *к*. Таким образом, мы можем сказать, что 1 ампер-час равен 60 ампер-минутам, или 3 600 ампер-секундам, или 3 600 кулонам.

Как видим, электрическую емкость можно было бы выражать и в кулонах, но кулон является очень небольшой единицей и поэтому ею неудобно пользоваться на практике: пришлось бы иметь дело с очень большими числовыми выражениями.

Поэтому для практических измерений электрической емкости принята более крупная единица — ампер-час. В этих единицах всегда выражается емкость гальванических элементов и аккумуляторов.

Удобство пользования ампер-часом в качестве единицы измерения электрической емкости заключается еще и в том, что простым перемножением величины разрядного тока (выраженной в амперах) на время разряда (выраженное в часах) сразу определяется количество отданного элементом электричества. Допустим, что элемент разряжался в течение 100 час. током в 0,1 *а*. Следовательно, за это время элемент отдал количество электричества, соответствующее емкости 0,1 × 100 = 10 *ач*. Так мы всегда можем подсчитать, какую емкость отдал элемент, питавший лампы радиоприемника в продолжение всего времени своей работы.

У радиолюбителей может возникнуть вопрос: а каким образом определяют емкость элементов при их изготовлении на заводе, т. е. до их разряда?

Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним, что причиной возникновения электрической энергии в элементе является растворение цинка во время электрохимической реакции, происходящей внутри элемента.

Знаменитым ученым Фарадеем был установлен закон, который гласит, что определенному количеству растворенного во время электрохимической реакции вещества соответствует строго определенное количество образовавшегося электричества и что это количество электричества зависит от природы растворенного вещества.

То количество вещества, какое необходимо растворить во время электрохимической реакции для получения одного кулона электричества, называется *электрохимическим эквивалентом* данного вещества.

Для разных веществ величина электрохимического эквивалента будет различная, но строго определенная. Например, электрохимический эквивалент цинка равен 0,341, меди 0,329, серебра 1,118 *мг* (миллиграмма) и т. д.

Таким образом, чтобы получить 1 *к* электричества, необходимо растворить во время электрохимической реакции 0,341 *мг* цинка. Отсюда ясно, что для получения электричества в количестве 1 *ач*, равного 3 600 *к*, теоретически нужно растворить цинка

$$0{,}341 \cdot 3\,600 = 1228 \text{ мг} = 1{,}228 \text{ г}.$$

На практике расход цинка на один ампер-час получается в несколько раз больший. Объясняется это, во-первых, невозможностью полностью использовать весь цинк в элементе, поскольку по мере растворения отрицательного электрода начинает возрастать внутреннее сопротивление элемента. Поэтому, когда растворится примерно половина или несколько больше половины цинка, элемент становится уже неработоспособным и считается окончательно разряженным. Во-вторых, не весь цинк, из которого состоит электрод, принимает участие в электрохимической реакции.

Повышенный расход цинка объясняется еще и тем, что он всегда содержит некоторое количество вредных примесей, как, например, железо или свинец. Такие примеси вместе с цинком образуют в самом электроде маленькие элементики, внутри которых все время будет протекать ток. Следовательно, в этих местах отрицательного электрода все время будет происходить растворение цинка независимо от того, замкнут или разомкнут сам элемент. Поэтому примеси являются одной из основных причин повышенного расхода цинка и электролита, увеличивают саморазряд гальванического элемента и вызывают резкое снижение его емкости и срока хранения.

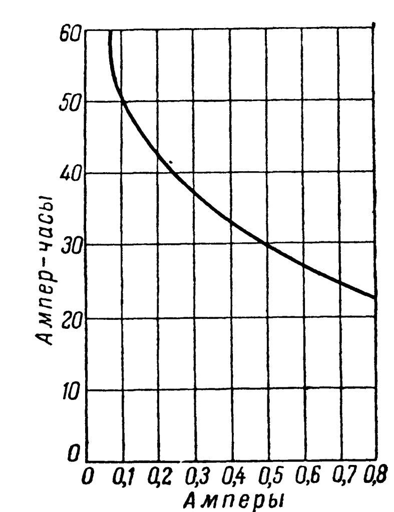
Учитывая все эти факторы, завод может заранее определить, сколько нужно взять цинка, а также электролита и деполяризатора, чтобы собрать элемент определенной емкости.

Нужно иметь в виду, что емкость элементов не является величиной строго постоянной. Наоборот, она может значительно меняться в ту и другую сторону в зависимости от величины разрядного тока, конечного разрядного напряжения, а также от способа разряда — непрерывного или прерывистого.

В заводском паспорте каждого элемента указывается величина сопротивления нагрузки, через которое рекомендуется разряжать данный элемент. Разделив напряжение элемента на это сопротивление, мы определим допустимую величину разрядного тока данного элемента. Однако при этом нужно учитывать еще и внутреннее сопротивление элемента. Если разряжать совершенно свежий элемент таким током вплоть до напряжения 0,7 *в*, то, по заводским данным, элемент отдаст полную свою емкость.

От элемента можно, конечно, потреблять ток и значительно больший, чем нормальный, в особенности при прерывистом разряде, но в этом случае элемент имеет меньшую емкость. Наоборот, если разряжать элемент током меньше предельного, притом с частыми и продолжительными перерывами, то он будет иметь емкость, несколько бóльшую гарантируемой заводом.

На фиг. 1 приведена кривая, показывающая изменение величины емкости в зависимости от разрядного тока у обычного сухого элемента при разряде его до одного и того же конечного напряжения. Как видно, с увеличением разрядного тока емкость значительно уменьшается. Так, например, если при разрядном токе в 0,1 *а* емкость элемента составляет 50 *ач,* то при увеличении разрядного тока в два раза емкость уменьшается почти до 40 *ач*, а при токе в 0,5 *а* она снижается до 30 *ач*, что составляет лишь половину паспортной емкости элемента.



Фиг. 1. Зависимость изменения емкости сухого элемента от величины разрядного тока.

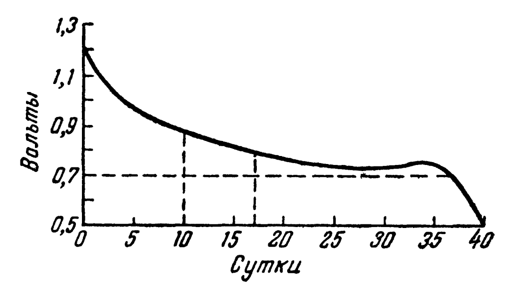
Такую картину мы наблюдаем при разряде элемента до конечного напряжения 0,7 *в*.

К сожалению, применяя гальванические элементы для питания радиоприемника, вообще невозможно использовать их полную емкость, потому что в этих условиях эксплуатации можно разрядить элементы только до 0,9 *в*; при падении рабочего напряжения у каждого элемента ниже 0,9 *в* батарею уже приходится заменять новой. Между тем если элементы будут разряжаться током предельной силы, то рабочее напряжение у них может сравнительно быстро упасть ниже 0,9 *в* и поэтому их придется заменить новыми, не использовав и половины их емкости.

Наглядной иллюстрацией сказанного может служить фиг. 2, на которой приведена кривая изменения рабочего напряжения при непрерывном разряде сухого элемента с марганцево-воздушной деполяризацией. Элемент разряжался током, указанным в заводском паспорте, до конечного напряжения 0,7 *в*.

Как видно из этой кривой, уже на десятые сутки рабочее напряжение у элемента стало меньше 0,9 *в*, а примерно на 17-е сутки оно снизилось до 0,8 *в* и дальше кривая напряжения идет почти на этом же уровне, медленно снижаясь до 0,7 *в*.

Таким образом, при беспрерывном разряде элемента током, указанным в его заводском паспорте, уже после использования одной трети емкости рабочее напряжение у элемента падает ниже 0,9 *в*. Поэтому остальную его емкость мы не можем использовать для питания радиоприемника. Правда, при прерывистом разряде (а именно в таком режиме всегда и работают элементы, питающие радиоприемник) рабочее напряжение у элемента будет значительно дольше удерживаться на уровне 0,9 *в* и, следовательно, величина емкости может быть заметно больше. Однако если элемент будет работать с большой перегрузкой, то и при этих



Фиг. 2. Кривая изменения напряжения при беспрерывном разряде сухого элемента с марганцево-воздушной деполяризацией.

условиях рабочее его напряжение может сравнительно быстро упасть ниже критической величины, т. е. ниже 0,9 *в*. Вот почему, используя гальванические элементы для питания радиоприемников, невыгодно разряжать их предельным током. При составлении батареи накала лучше взять на одну группу элементов больше, чем заставлять батарею работать с перегрузкой.

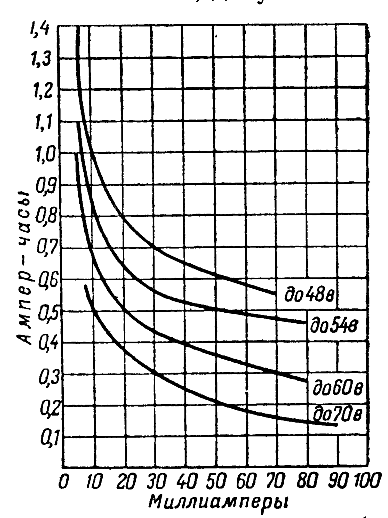
Например, для приемника «Родина» можно составить батарею накала из двух параллельных групп элементов 6С МВД или блоков БНС-100. Обе эти батареи, конечно, будут питать лампы приемника, но такая нагрузка для них будет чрезмерной, в особенности для блоков БНС-100, емкость которых значительно меньше емкости элементов 6С МВД.

Поэтому выгоднее и в первом и во втором случаях батарею составлять из трех-четырех параллельных групп элементов, не взирая на то, что по заводским данным от этих элементов можно потреблять ток до 250 *ма*.

Все сказанное здесь относительно емкости гальванических элементов в одинаковой мере относится и к анодным батареям. Убедительнее всего это подтверждает фиг. 3, на которой приведены четыре кривые, характеризующие изменение величины емкости одной и той же батареи БАС-80 при разряде ее различными токами и до разных конечных напряжений.

Для большей наглядности сравним показания крайних характеристик (кривые верхняя и нижняя). Первая снята для случая наиболее глубокого разряда батареи (до напряжения 48 *в*), а вторая — для случая минимального разряда (до напряжения 70 *в*).

Из сопоставления их видим, что при одной и той же величине тока, допустим 10 *ма*, в первом случае батарея имеет емкость 1 *ач*, а во втором — только 0,5 *ач*. Этот пример показывает, насколько важно для получения большей емкости, а следовательно, и для продления срока службы батареи добиться возможности разряда ее до более низкого конечного напряжения и при нормальной величине тока.



Фиг. 3. Зависимость отданной емкости от конечного разрядного напряжения.

При использовании гальванических батарей для питания радиоприемников редко соблюдается первое требование. Обычно радиолюбители для питания анодов ламп приемника применяют одну батарею напряжением 80 *в*. При таком напряжении приемник вначале работает удовлетворительно. Однако при понижении напряжения батареи до 70—65 *в* громкость и качество приема падают. Радиолюбитель считает, что анодная батарея уже полностью разрядилась, и поэтому заменяет ее новой, не использовав доброй половины ее емкости. Между тем нужно лишь присоединить последовательно к такой полуразряженной батарее дополнительную батарею с напряжением 20 или 40 *в*, и тогда первая батарея может еще работать до наступления полного разряда, т. е. до напряжения 48—42 *в*. Только после этого разрядившуюся батарею выключают. При этом дополнительная батарея может быть еще использована.

Не следует также к приемнику, нормально требующему, допустим, анодного напряжения 120 *в*, присоединять полностью две 80-вольтовые батареи, соединенные последовательно и дающие напряжение 160 *в*. При таком повышенном напряжении, во-первых, нарушается рабочий режим ламп, а, во-вторых, сильнее разряжаются батареи. В таких случаях выгоднее поступать так: вначале включить в приемник только полторы батареи, а затем, после понижения ее напряжения, подсоединить к ней и резервную половину второй батареи. Когда у такой батареи напряжение понизится до 85—80 *в*, то обе батареи окажутся разряженными полностью и их придется заменить новыми.

Применяя такое комбинированное соединение батарей, можно добиться максимального использования их емкостей. У большинства батарей типа БАС имеются промежуточные выводы (от середины или одной трети батареи), что позволяет легко осуществлять различные варианты соединения между собой двух или нескольких батарей для получения разной величины напряжения.

Итак, мы видим, что недостаточно знать величину емкости элемента или батареи, но нужно еще уметь возможно полнее использовать эту емкость для питания радиоприемника.

Самодельные элементы[1]

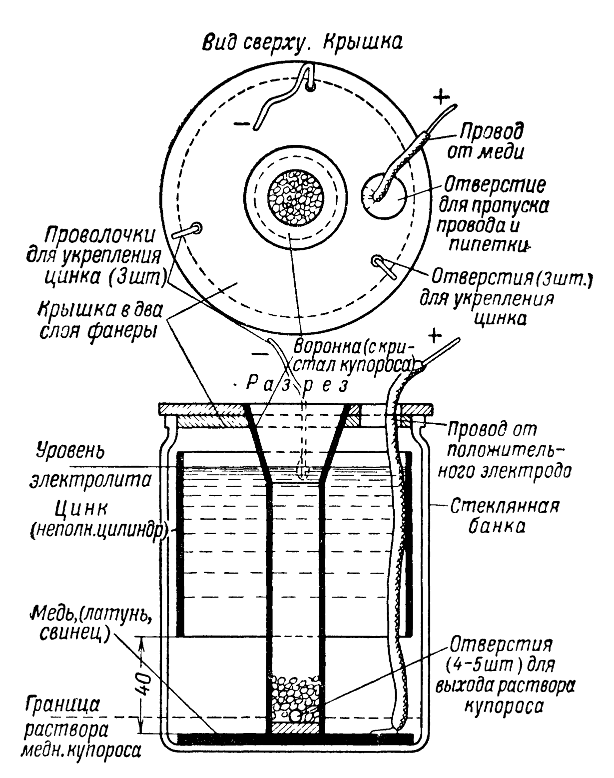
В практике сельских радиолюбителей иногда приходится пользоваться самодельными медно-цинковыми элементами. Они обладают устойчивым рабочим напряжением, практически не поляризуются и не боятся коротких замыканий. Кроме того, они наиболее доступны для самостоятельного изготовления. Для изготовления электродов этих элементов можно применять обрезки листового цинка и меди, а также медного провода, а для электролита необходимы медный купорос, который имеется в каждом сельпо, в каждом колхозе (применяется для протравливания семян), и глауберова или английская соль (продается во всех аптеках).

Отрицательным электродом медно-цинкового элемента служит цинк, а положительным — медь. Электролит такого элемента состоит из двух растворов — цинкового и медного купоросов, которые не должны смешиваться между собой. Раствор цинкового купороса образуется в верхней половине сосуда элемента, а медного купороса — в нижней его половине. Первый совершенно прозрачен, а раствор медного купороса имеет синий цвет. Если эти растворы смешать между собой, то нарушится нормальное действие элемента. Раствор медного купороса выполняет роль деполяризатора.

В процессе разряда медно-цинкового элемента постепенно растворяется его отрицательный электрод (цинк), а из раствора медного купороса выделяется и осаждается на положительном электроде чистая медь. Элемент считается разряженным, когда разрушится примерно половина отрицательного электрода или же когда на его поверхности образуется сплошной темнокоричневый налет. При этом раствор цинкового купороса приобретает темнобурую окраску, на дне сосуда скопляются осадки. Такой элемент подлежит перезарядке.

Здесь рассматривается несколько простейших конструкций медно-цинковых элементов.

ПЕРВАЯ КОНСТРУКЦИЯ. Этот элемент (фиг. 1) собирается в стеклянной банке, на дне которой помещается медный или свинцовый кружок толщиной около 0,5 *мм* (или спираль, свитая из медного или свинцового провода). К кружку приклепывается проводник, снабженный резиновой изоляцией. Конец этого проводника выводится из элемента наружу. Крышка для элемента делается из двух фанерных кружков разных диаметров с центральным отверстием для воронки и боковым отверстием для выкачивания жидкости и вывода проводника от медного электрода. Кроме того, в крышке сверлятся еще три отверстия диаметром 1,5 *мм*.



Фиг. 1. Любительская конструкция медно-цинкового элемента с вертикальным электродом.

Цинковый электрод делается в виде разомкнутого цилиндра; к верхней его части припаиваются три куска голого провода диаметром 1,0—1,2 *мм*. Противоположные концы этих проволочек в дальнейшем пропускаются через мелкие отверстия в крышке и загибаются. Этим путем цинковый цилиндр прикрепляется к крышке элемента. Один из этих проводников должен быть несколько длиннее, так как он будет служить выводом от отрицательного полюса. Места припайки проводников к цилиндру и медному кружку надо покрыть горячим асфальтовым лаком или расплавленным воском.

Воронка с трубкой, имеющей дно, склеивается из нескольких слоев бумаги, хорошо просушивается и затем пропитывается воском или парафином.

Немного выше дна в боковой поверхности трубки по окружности вырезаются четыре-пять отверстий. Через эти отверстия будет просачиваться раствор медного купороса из трубки в нижнюю часть сосуда. Внутренний диаметр

[1] В. Сенницкий, «Радио», 1950, № 3.

трубки-воронки в зависимости от размеров элемента может быть около 1,5—3 *см*. При сборке элемента в эту воронку-трубку насыпаются кристаллы медного купороса.

Заливается элемент 5—10%-ным раствором глауберовой или английской соли в дистиллированной воде.

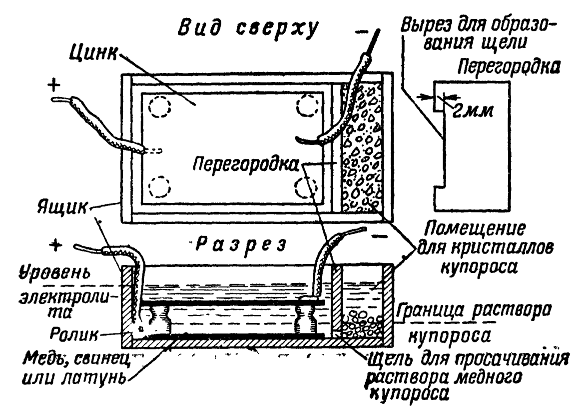
Рабочее напряжение медно-цинкового элемента около 1 *в*, а нормальный разрядный ток зависит от размеров электродов элемента.

От элемента, собранного в 0,5-литровой банке, можно потреблять ток около 50 *ма*.

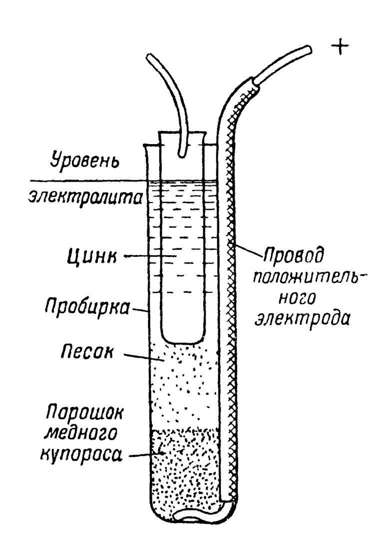
Цинковый электрод подвешивается в сосуде на такой высоте, чтобы нижний его край находился на 40 *мм* выше положительного электрода элемента.

ВТОРАЯ КОНСТРУКЦИЯ. Элемент этой конструкции состоит из прямоугольного или квадратного сосуда (фиг. 2) высотой 6—8 *см*, изготовляемого из фанеры или картона. В сосуде делается перегородка. После изготовления сосуд надо основательно просушить, а затем пропитать расплавленным парафином или воском. Перегородка делит сосуд на две неравные части. Бо̀льшая из них служит для помещения электродов элемента, а в меньшую насыпается медный купорос. Через вырез в нижней части перегородки раствор медного купороса поступает во вторую половину сосуда.

Положительный электрод делается из меди или свинца в виде прямоугольной пластинки; по размерам она должна быть несколько меньше площади дна сосуда. К такой пластинке приклепывается или припаивается выводной проводник в резиновой изоляции. Положительный электрод кладется прямо на дно сосуда элемента. Затем по углам на этот электрод ставятся четыре фарфоровых ролика высотой не более 2,5 *см*, а на них кладется цинковая



Фиг. 2. Конструкция медно-цинкового элемента с горизонтальными электродами.



Фиг. 3. Самодельный анодный элемент.

пластинка одинаковых размеров с медной. К цинковой пластинке тоже припаивается выводной изолированный проводник. Места припайки выводных проводников покрываются горячим асфальтовым лаком, воском или парафином. На этом сборка элемента оканчивается.

Вместо роликов можно применить резиновые, эбонитовые и другие изоляторы, а сосуд сделать в виде глубокого противня (не применяя пайки) из меди или свинца. В этом случае сосуд будет служить и положительным электродом. Поэтому выводной проводник припаивается к наружной его стенке.

Такой элемент при площади каждого электрода не менее 100 *см*^{2} (с одной стороны) может давать ток около 1—1,5 *а*.

АНОДНЫЙ ЭЛЕМЕНТ. Для питания анодных цепей приемника можно рекомендовать маленькие медно-цинковые элементы, собираемые в стеклянных пробирках высотой в 100—120 *мм* и диаметром 15—20 *мм*. Вместо пробирок можно использовать небольшие аптекарские пузырьки с широким горлышком по возможности одинакового размера.

Конструкция элемента показана на фиг. 3. Положительным его электродом служит зачищенный конец медного изолированного проводника, вставленного в пробирку. На этот конец проводника, согнутого под прямым углом, сначала насыпается и разравнивается слой порошка медного купороса толщиной примерно около 20 *мм*, а поверх него — такой же толщины слой крупного речного песка, предварительно хорошо промытого и просушенного. Затем в пробирку помещается цинковая пла-

стинка или палочка с припаянным к ней выводным проводником и наливается электролит.

Электролитом для всех описанных здесь элементов служит, как указывалось, 5—10%-ный раствор английской или глауберовой соли. Применять раствор более высокой концентрации не следует, так как он в процессе работы элемента постепенно насыщается образующимся сернокислым цинком.

Для медно-цинковых элементов надо выбрать определенное место, не переносить и не переставлять их в течение всего срока работы, так как при этом могут смешаться растворы. На отведенном месте эти элементы собираются и соединяются в батареи.

Все элементы в батарее заливаются электролитом до одинакового уровня. После заливки насыпают немного кристаллов медного купороса на дно трубки или в специальную камеру сосуда. Уровень раствора медного купороса должен быть расположен примерно на 8—10 *мм* выше поверхности положительного электрода. В процессе работы элементов следует наблюдать за положением этого уровня и добавлять купорос только тогда, когда его уровень заметно понизится или окраска раствора начнет обесцвечиваться. Нельзя допускать, чтобы уровень медного купороса доходил до нижнего края цинка, так как при этом нарушится действие элементов.

Зарядка анодных элементов состоит только в заливке их электролитом. При понижении уровня электролита добавляется вода. Срок работы элемента — от одного до нескольких месяцев в зависимости от нагрузки и количества заложенного купороса. После истощения батареи ее следует разобрать, промыть все пробирки, если надо, сменить все цинки и вновь зарядить элементы.

В процессе работы элемента с течением времени заметно возрастает плотность раствора цинкового купороса. Это приводит к повышению внутреннего сопротивления элемента, а следовательно, и к понижению рабочего напряжения и разрядного тока. В таких случаях надо выкачать с помощью спринцовки или пипетки часть раствора и вместо него осторожно долить в элемент чистой воды. Нормально плотность раствора цинкового купороса должна быть около 23—24° по Боме (удельный вес 1,19—1,20).

В маленьких элементах электролит частично заменяется водой только при образовании в нем кристаллов сернокислого цинка.

Отрицательные электроды для описанных здесь элементов можно делать из различных отходов (из цинков разряженных элементов), обрезков и лома цинка. У куска старого цинка надо тщательно зачистить до блеска обе его поверхности. Мелкие же куски цинка можно расплавить и затем отлить нужных размеров палочки или пластинки.

Аккумуляторы[1]

Аккумуляторы, иначе называемые вторичными элементами, сами не вырабатывают электрическую энергию, но обладают способностью запасать ее (аккумулировать) при пропускании через аккумулятор тока от постороннего источника. Этот процесс носит название *заряда.* Аккумулятор может сохранять заряд довольно продолжительное время, но длительное хранение заряженных аккумуляторов вредно для них. Как правило, аккумуляторы должны заряжаться или подзаряжаться каждый месяц независимо от того, разряжались они или нет. При хорошем уходе аккумуляторы (в зависимости от их конструкции) выдерживают примерно от 200 до 500 циклов заряд—разряд и более.

Запасание электрической энергии в аккумуляторах происходит за счет химических процессов в веществе электродов. При заряде электрическая энергия преобразуется в химическую, при разряде — химическая энергия вновь превращается в электрическую.

Аккумуляторы характеризуются в основном теми же параметрами, что и гальванические элементы: напряжением в вольтах и емкостью в ампер-часах.

В настоящее время распространены аккумуляторы двух типов: кислотные (свинцовые) и щелочные (железо-никелевые и кадмиево-никелевые).

КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. В кислотном аккумуляторе электродами служат решетчатые свинцовые пластины, в отверстия которых впрессовывается тестообразная активная масса, состоящая из смеси свинцового сурика и глета (желтая окись свинца), замешанных на растворе серной кислоты (фиг. 1). При таких пластинах аккумулятор обладает значительно большей емкостью, чем такой же аккумулятор с пластинами без активной массы. Поэтому пластины заводских аккумуляторов обычно не делаются из сплошного свинца, т. е. без активной массы.

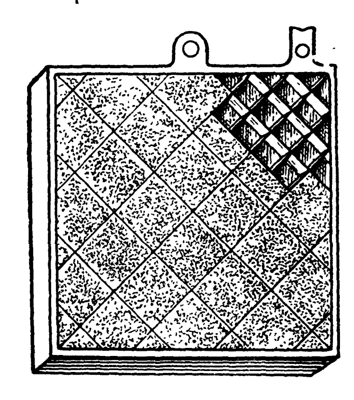
Отдельный элемент кислотного аккумулятора независимо от его размеров и емкости

[1] По разным источникам.

обладает рабочим напряжением 2 *в*. В конце зарядки один элемент свинцового аккумулятора дает напряжение обычно около 2,5—2,7 *в*, но после включения на разряд его напряжение быстро понижается до 2 *в* и на этом уровне оно будет оставаться в течение почти всего времени разряда, медленно понижаясь по мере наступления полного разряда аккумулятора. Аккумулятор считается разряженным, когда напряжение каждого элемента понизится до 1,8 *в*. Дальше разряжать аккумулятор нельзя, так как это вызовет порчу пластин и значительное уменьшение его емкости.

Электрическая емкость аккумулятора зависит от величины поверхности положительных пластин и толщины слоя активной массы в пластинах. Поэтому, когда хотят повысить емкость аккумулятора, не увеличивая чрезмерно его размеров, в каждый элемент помещают по нескольку отрицательных и положительных пластин, причем отрицательных пластин всегда бывает на одну больше. Это делается с той целью, чтобы можно было использовать всю поверхность (обе стороны) положительных пластин, которые устанавливаются в промежутках между отрицательными пластинами элемента.

Кислотные аккумуляторы нельзя заряжать и разряжать током любой силы. Максимальный разрядный и зарядный токи (в амперах) для свинцовых аккумуляторов обычного типа не должны превышать 10% их емкости в ампер-часах, если, например, емкость аккумулятора равна 20 *ач*, то зарядный и разрядный токи не должны превышать 2 *а*. Обычно не доводят зарядный и разрядный токи до этих пределов, так как чем больше зарядный ток, тем хуже аккумулятор зарядится и тем меньшую емкость он будет иметь при разряде. Кроме того, при очень сильных зарядных и разрядных токах быстро начинает трескаться и выпадать из решеток пластин активная масса, в результате чего быстрее изнашиваются и сами пластины (в особенности положительные) и аккумулятор становится негодным.



Фиг. 1. Пластина кислотного аккумулятора.

Внутреннее сопротивление у кислотного аккумулятора очень мало. Поэтому ни в коем случае нельзя даже на мгновение замыкать его накоротко, так как сразу же через аккумулятор пройдет настолько сильный ток, что пластины его могут испортиться.

Отдельные аккумуляторные элементы точно так же, как и гальванические элементы, можно соединять между собой последовательно и параллельно и получать таким путем батареи любой емкости и напряжения. Так, например, батарея накала напряжением 4 *в* сосостоит из двух последовательно соединенных аккумуляторных элементов, а батарея анода 80 *в* — из 40 элементов.

В конце заряда указанная батарея накала должна давать напряжение не менее 5 *в* ($2,5 \times 2$), а анодная 80-вольтовая — 100 *в* ($2,5 \times 40$). После разряда напряжение первой должно быть не ниже 3,6 *в* ($1,8 \times 2$), а у второй — не ниже 72 *в* ($1,8 \times 40$). Эти цифры нужно твердо запомнить каждому, пользующемуся свинцовыми аккумуляторами.

Сосудами для кислотных аккумуляторов обычно служат стеклянные или пластмассовые банки. В качестве электролита применяется раствор химически чистой серной кислоты в дистиллированной воде.

ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. Эти аккумуляторы обладают рядом преимуществ по сравнению с кислотными аккумуляторами. Они не боятся кратковременного короткого замыкания, их можно заряжать и разряжать большим током, а также можно без вреда для дальнейшей работы оставлять продолжительное время в разряженном виде. Щелочные аккумуляторы обладают высокой механической прочностью, не боятся тряски и толчков (фиг. 2).

Выпускаемые нашими заводами щелочные аккумуляторы называются кадмиево-никелевыми, потому что в состав активной массы их пластин входят кадмий и никель. Сосуды и сами пластины этих аккумуляторов изготовляются из никелированной листовой стали.

Пластины щелочного аккумулятора собираются из отдельных стальных пакетов (ламелей), наполненных активной массой. Ламели делаются из тонкой ленточной мягкой стали, снабженной мелкими сквозными отверстиями. Через эти отверстия электролит свободно сообщается с активной массой. Ламели каждой пластины своими концами прочно связываются между собой при помощи стальных ребер (фиг. 3). Благодаря такому устройству пла-

стина обладает высокой механической прочностью. Ламели положительных пластин немного толще ламелей отрицателных пластин и снаружи никелированы. Поэтому положительную пластину можно легко определить по блеску.

В зависимости от величины емкости в аккумуляторе может быть различное число положительных и отрицательных пластин. Последние располагаются в промежутках между положительными пластинами. Положительных пластин в этих аккумуляторах всегда бывает на одну меньше, чем отрицательных.

У кадмиево-никелевых аккумуляторов положительные пластины не изолируются от корпуса сосуда, а наоборот, соединены с ним. При таком устройстве отрицательные пластины у этих аккумуляторов должны быть тщательно изолированы от сосуда элемента и от положительных пластин, в противном случае аккумулятор замкнется накоротко. Поэтому между каждой положительной и каждой отрицательной пластинами элемента прокладываются эбонитовые трубки, а ребра отрицательных пластин изолируются от стенок сосуда тонкими эбонитовыми прокладками.

Активная масса у положительной пластины кадмиево-никелевого аккумулятора состоит из гидрата закиси никеля, к которому добавляется некоторое количество порошкообразного графита. Последний служит только для уменьшения сопротивления и не принимает никакого участия в химических процессах, происходящих внутри аккумулятора во время его заряда и разряда.

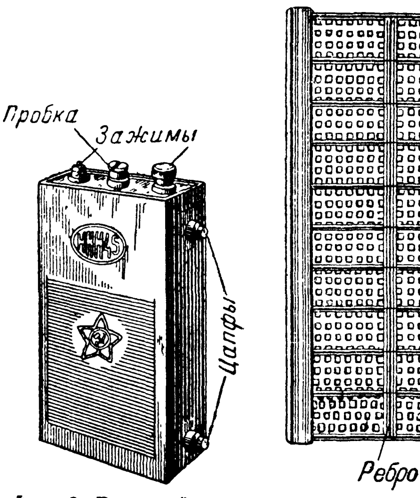
Активная масса отрицательной пластины состоит из гидрата закиси кадмия и гидрата закиси железа. Железо (как графит в активной массе положительной пластины) является здесь лишь добавкой активной массы отрицательной пластины, но оно не принимает участия в химических процессах, происходящих в аккумуляторе.

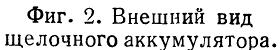
В качестве электролита в щелочных аккумуляторах применяется раствор едкого кали или едкого натра.

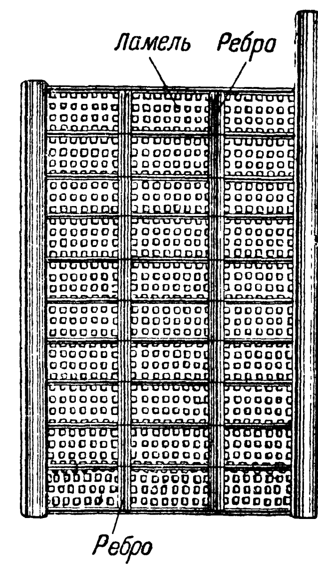
Электролит, хотя и принимает активное участие в химических процессах, происходящих во время заряда и разряда щелочного аккумулятора, но не изменяется ни по своему составу, ни по плотности и не расходуется.

Плотность электролита для щелочных аккумуляторов, работающих в условиях жилых помещений, должна быть 22—24° по шкале Боме (удельный вес 1,18—1,2). На литр дистиллированной воды нужно взять 250—270 *г* едкого кали в кристаллах.

Нормальный зарядный ток для щелочных аккумуляторов должен быть равен $^1/_4$—$^1/_6$ емкости аккумулятора. Следовательно, если емкость аккумулятора равна 60 *ач*, то нормальный зарядный ток будет 10—15 *а*.




Фиг. 2. Внешний вид щелочного аккумулятора.



Фиг. 3. Пластина щелочного аккумулятора.

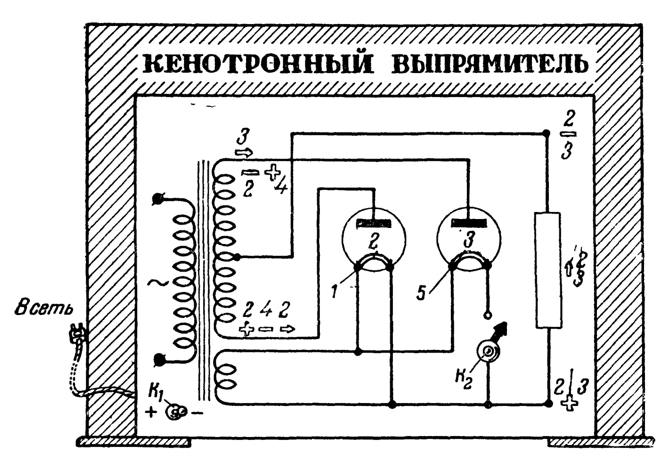
Но это не значит, что щелочные аккумуляторы нельзя заряжать и разряжать меньшими или бо́льшими токами. При бо́льших токах нужно следить, чтобы температура электролита не превысила +40° С, в противном случае емкость аккумулятора уменьшится на 50% и ее невозможно будет восстановить.

В конце заряда щелочный аккумуляторный элемент должен давать э. д. с. 1,75—1,8 *в*. После прекращения заряда э. д. с. элемента достаточно быстро начинает понижаться до 1,42 *в*. Дальше она снижается сравнительно медленно. Так, например, через 10—12 дней она достигает примерно 1,3 *в*. Рабочее напряжение (т. е. напряжение под нагрузкой) у заряженного кадмиево-никелевого аккумулятора равно примерно 1,25 *в*; у разряженного аккумулятора оно понижается до 1 *в*. Нужно твердо запомнить, что э. д. с. у разряженного элемента равна 1,27 *в*, поэтому напряжение нужно измерять всегда под нагрузкой, иначе можно впасть в ошибку. Если при включении нормальной нагрузки напряжение с 1,27 *в* начнет быстро падать до 1 *в*, то это значит, что аккумулятор разряжен. Щелочные аккумуляторы можно разряжать и до более низкого напряжения, но систематические разряды ниже 1 *в* приводят к снижению их емкости и сокращению срока службы.

Действующий макет „Кенотронный выпрямитель“[1]

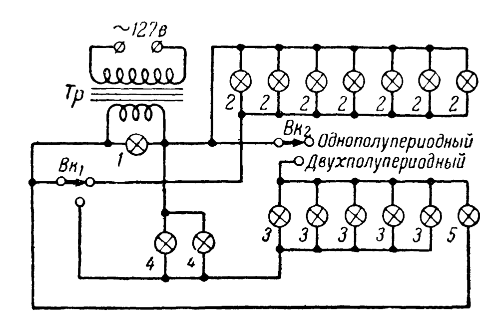
Макет наглядно демонстрирует токопрохождение в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.

На панели (фиг. 1) изображена принципиальная схема выпрямителя с двумя одно-



Фиг. 1. Внешний вид действующего макета „Кенотронный выпрямитель“.

анодными кенотронами. Накал одного из них может выключаться. При этом получается схема однополупериодного выпрямления. В схему введены электрифицированные знаки «+», «—» и стрелки, указывающие направление тока. Условно электрифицированы нити накала



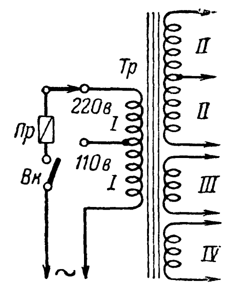
Фиг. 2. Принципиальная схема действующего макета „Кенотронный выпрямитель“.

кенотронов и их электронные потоки. Управление макетом производится с помощью выключателя K_1, установленного в левом нижнем углу панели макета.

Принципиальная схема монтажа макета представлена на фиг. 2. Лампочки на ней отмечены теми же номерами, что и на фиг. 1.

Простейший расчет силового трансформатора[2]

В любительской практике редко приходится выполнять полный расчет силового трансформатора. Гораздо проще пользоваться уже готовыми стандартными силовыми трансформаторами, выпускающимися нашей промышленностью. Поэтому здесь приводятся лишь некоторые практические указания, руководствуясь которыми радиолюбитель может выбрать подходящий трансформатор, отремонтировать поврежденный или приспособить готовый трансформатор для каких-либо специальных целей. Этих указаний достаточно также и для того, чтобы сделать силовой трансформатор самостоятельно.



Фиг. 1. Схема обмоток силового трансформатора.

При выборе силового трансформатора для питания радиолюбительских установок необходимо знать, какие мощности и напряжения должны давать все вторичные обмотки (*II*, *III* и *IV* на фиг. *1*). Наиболее употребительными являются трансформаторы мощностью 15, 35, 50, 75 и 100 *вт*.

Изготовление трансформатора требует подсчета следующих величин: сечения сердечника, числа витков и диаметра провода обмоток.

Сечение сердечника трансформатора находится по формуле

$$Q_{cm} = \sqrt{P_0},$$

где P_0 — мощность, потребляемая первичной обмоткой трансформатора из сети.

При применении стали пониженного качества лучше производить подсчет сечения по формуле

$$Q_{cm} = 1{,}2\sqrt{P_0}.$$

Наиболее употребительным типом сердечника для силовых трансформаторов является стандартный Ш-образный или П-образный с площадью сечения от 6 до 20 *см*².

---

[1] В. К. Лабутин, Наглядные пособия по радиотехнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

[2] Элементы и детали любительских радиоприемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Мощность трансформатора P_0 определяется через сумму мощностей, расходуемых в цепях всех вторичных обмоток, и к. п. д. трансформатора. Мощности P_3 и P_4 понижающих накальных обмоток вычисляются как произведение из действующих величин напряжений и токов, необходимых для питания накала ламп. Мощность повышающей обмотки можно приближенно рассчитать, исходя из мощности выпрямленного тока при полной нагрузке, прибавив к ней мощность, расходующуюся в фильтрующем устройстве и в кенотроне, т. е.

$$P_2 = I_в \cdot U_в + I_в^2 (R_ф + R_i).$$

Здесь P_2 — мощность, потребляемая от повышающей обмотки;
$I_в$ — ток, потребляемый от выпрямителя;
$U_в$ — выпрямленное напряжение;
$R_ф$ — сопротивление фильтра;
R_i — внутреннее сопротивление кенотрона.

Тогда общая мощность P_1 всех вторичных обмоток будет равна $P_1 = P_2 + P_3 + P_4$.

При определении мощности, потребляемой трансформатором из сети, необходимо учесть к. п. д., который для таких трансформаторов можно принять равным 75—80%. Поэтому полная мощность P_0, потребляемая трансформатором из сети, будет равна

$$P_0 = 1{,}25\ P_1 = 1{,}25(P_2 + P_3 + P_4).$$

Для упрощенных расчетов числа витков часто пользуются величиной N — числом витков на 1 *в*. Число витков на 1 *в* определяется из следующих формул:

$$N = \frac{45}{Q_{cm}}$$

для специальной трансформаторной стали и

$$N = \frac{60}{Q_{cm}}$$

для худшей стали. Чаще пользуются средней величиной

$$N = \frac{(50 \div 55)}{Q_{cm}}.$$

Определив, таким образом, величину N, нетрудно подсчитать число витков каждой из обмоток. Так, у первичной обмотки для сети в 110 *в* число витков первичной обмотки $w_1 = N \cdot 110$, а для 220 *в* $w_1 = N \cdot 220$. Для повышающей обмотки $w_2 = N \cdot U_2$, где U_2 — действующее значение напряжения вторичной обмотки.

При ремонте сгоревшего или переделке неподходящего трансформатора можно рекомендовать следующий способ определения числа витков на 1 *в*. Одна из накальных обмоток с известным напряжением разматывается и подсчитывается число ее витков. Полученное число витков делится на напряжение обмотки. Например, обмотка накала ламп напряжением 6,3 *в* состояла из 26 витков; разделив 26 на 6,3, получим 4,1 витка на 1 *в*. Перемножив величину 4,1 на напряжения, которые должны давать остальные обмотки, определим нужные числа витков для этих обмоток.

Напряжение всей повышающей обмотки силового трансформатора в большинстве случаев выбирается от 400 до 600 *в*. Напряжение понижающих обмоток определяется типом ламп: для ламп металлической серии оно равно 6,3 *в*, для старых образцов стеклянных ламп 4 *в* и для кенотронов обычно 5 *в*.

При необходимости получения большего тока, чем тот, на который рассчитана имеющаяся обмотка, необходимо заменить ее новой обмоткой из более толстого провода. Диаметр провода любой обмотки трансформатора определяется из условия допустимой плотности тока на 1 *мм*² сечения провода. Обычно для всех обмоток трансформатора плотность тока выбирается одинаковой из расчета 3 *а/мм*².

В зависимости от допустимой плотности тока диаметр провода может быть подсчитан по одной из следующих формул:

$d = 0{,}7\sqrt{I}$ (для плотности тока 2,5 *а/мм*²);
$d = 0{,}6\sqrt{I}$ (для плотности тока 3 *а/мм*²);
$d = 0{,}45\sqrt{I}$ (для плотности тока 4 *а/мм*²).

Здесь I—ток в *а* и d—диаметр провода в *мм*.

При изготовлении трансформатора радиолюбитель чаще всего пользуется готовым стандартным сердечником, поэтому здесь не приводится подробный расчет всех размеров пластин и окна. Определив сечение сердечника, подбирают такой размер пластины, чтобы в окне сердечника поместились все обмотки.

Расчет занимаемого обмотками места в окне можно произвести, пользуясь приводимой ниже таблицей.

В этой таблице указано число витков различных сортов провода, приходящееся на каждый квадратный сантиметр поперечного сечения катушки. При определении занимаемого обмоткой места в окне надо обязательно учитывать и пространство (площадь), занимаемое изоляцией между обмотками. Площадь, занимаемая изоляцией, в некоторых случаях может быть довольно значительной, и если ее не учитывать, то можно допустить в расчете грубую ошибку.

Диаметр по меди, *мм*	Число витков, приходящихся на 1 *см*² сечения катушки				
	ПЭ	ПШО	ПШД	ПБО	ПБД
0,08	8 200	5 700	3 520	—	—
0,1	5 700	4 250	2 800	2 070	—
0,12	4 000	3 320	2 280	1 720	—
0,14	3 130	2 650	1 900	1 470	—
0,15	2 800	2 400	1 720	1 360	—
0,16	2 500	2 170	1 600	1 260	—
0,18	2 070	1 800	1 360	1 100	—
0,2	1 720	1 530	1 180	940	665
0,22	1 400	1 260	1 020	835	595
0,25	1 140	1 020	835	700	515
0,3	810	740	630	540	413
0,35	592	567	493	395	245
0,4	470	450	395	325	202
0,5	308	302	274	231	182
0,6	217	217	194	172	134
0,7	164	164	148	134	108
0,8	125	128	117	108	88
0,9	101	103	95	88,5	73,5
1,0	83	85	79	73,5	62,5
1,1	69	70	64	62,5	53,5
1,2	58,5	59,5	55	53,5	46,5
1,3	50,5	51	48	46,5	41
1,4	44,5	45	42	41	36
1,5	39	39,5	37	36	32,2

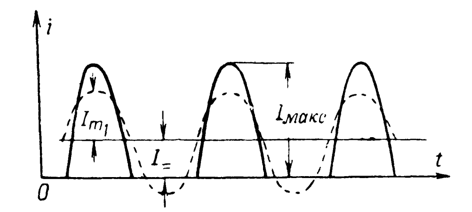
Сглаживающие фильтры[1]

Выпрямленный ток является пульсирующим током, т. е. содержит постоянную и переменную составляющие.

Но задача выпрямителя состоит в том, чтобы питать ту или иную нагрузку, например анодные цепи приемника, постоянным по величине током. Поэтому переменная составляющая выпрямленного тока является не только бесполезной, но и вредной. Ее не следует допускать в нагрузочное сопротивление. Постоянная составляющая, наоборот, является полезной и желательно, чтобы она была как можно больше по сравнению с переменной составляющей.

Рассмотрим величины постоянной составляющей $I_=$ и переменной составляющей $I_\sim$ для различных схем выпрямителей. При этом надо иметь в виду, что пульсации выпрямленного тока несинусоидальны и, следовательно, переменная составляющая содержит ряд гармоник. Наибольшую величину имеет первая гармоника, амплитуду которой мы будем обозначать I_{m1}.

Для однополупериодного выпрямления по-



Фиг. 1. Составляющие выпрямленного тока при однополупериодном выпрямлении.

стоянная составляющая тока (или напряжения) составляет только 0,32, т. е. примерно $^1/_3$ от максимального значения $I_{макс}$ или $U_{макс}$ (фиг. 1), а амплитуда первой гармоники переменной составляющей $I_{m1} = 0{,}5I_{макс}$. Частота переменной составляющей равна частоте переменного тока, т. е. 50 *гц* при питании от электросети. Таким образом, в этом случае переменная составляющая больше постоянной составляющей, что является недостатком однополупериодного выпрямления.

В двухполупериодном выпрямителе (за исключением схемы с удвоением напряжения) имеют место следующие соотношения:

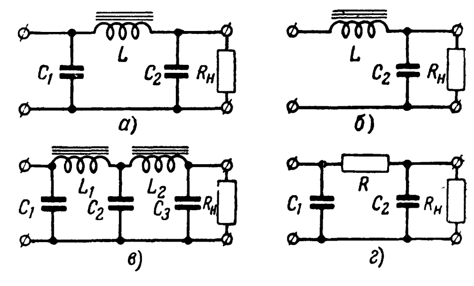
$$I_= \approx 0{,}64I_{макс} \quad \text{и} \quad I_{m1} \approx 0{,}42I_{макс}.$$

Точно такие же соотношения будут и для напряжений. Частота пульсаций удвоенная, т. е. равна 100 *гц*. Как видим, постоянная составляющая больше переменной. В этом заключается большое преимущество двухполупериодного выпрямления по сравнению с однополупериодным.

Чтобы ток и напряжение в нагрузочном сопротивлении $R_н$ были постоянными, необходимо сгладить пульсации с помощью фильтра, включаемого между самим выпрямителем и сопротивлением нагрузки.

Задачей фильтра является пропускание постоянной составляющей в нагрузочное сопротивление и устранение переменной составляющей.

Наиболее часто применяющиеся схемы сглаживающих фильтров показаны на фиг. 2.



Фиг. 2. Различные схемы сглаживающих фильтров.

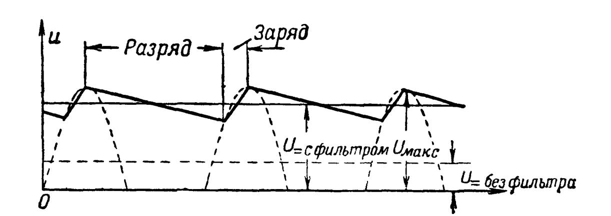
[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.

Конденсаторы фильтра имеют емкость порядка нескольких микрофарад. В качестве них широко используются электролитические конденсаторы. Дроссели всегда делаются с сердечником из стальных пластин и числом витков порядка нескольких тысяч для получения индуктивности в несколько единиц или десятков генри.

Переменные составляющие выпрямленного пульсирующего тока, имеющие частоты 50, 100 *гц* и более высокие, свободно проходят через конденсатор C_1, обладающий сравнительно небольшим сопротивлением для переменного тока этих частот, и возвращаются обратно в выпрямитель. Зато дроссель L представляет для них весьма большое индуктивное сопротивление и почти не пропускает эти токи, в то время как для постоянной составляющей медный провод дросселя имеет небольшое сопротивление. Поэтому падение напряжения постоянной составляющей на дросселе будет незначительное.

Так как некоторая часть переменной составляющей все же проходит через дроссель, то после него параллельно нагрузочному сопротивлению $R_н$ включен еще один конденсатор C_2, сопротивление которого невелико по сравнению с $R_н$. В результате бо́льшая часть переменного тока, прошедшего через дроссель, замыкается через конденсатор C_2 и в нагрузочное сопротивление $R_н$ не попадает. Чем больше индуктивное сопротивление дросселя и чем меньше емкостное сопротивление конденсаторов, тем лучше фильтр будет сглаживать пульсации. Таким образом, величины L и C для фильтров желательно брать как можно больше.

Следует обратить внимание на то интересное обстоятельство, что *первый конденсатор фильтра C_1 не только сглаживает пульсации, но и значительно повышает постоянную составляющую выпрямленного напряжения.* Это объясняется тем, что конденсатор C_1 при нарастании напряжения быстро заряжается от выпрямителя почти до амплитудного значения напряжения, а затем медленно разряжается через дроссель на сопротивление нагрузки $R_н$. Через кенотрон конденсатор C_1 разряжаться не может, так как электроны не проходят от анода к катоду, а разряд через $R_н$ происходит тем медленнее, чем больше $R_н$ и индуктивное сопротивление дросселя, препятствующее быстрому нарастанию тока и спаданию напряжения на конденсаторе. Благодаря этому напряжение не успевает падать так быстро, как при отсутствии C_1, а уже после небольшого понижения напряжения снова повторяется заряд конденсатора от следующего полупериода



Фиг. 3. Сглаживание пульсаций первым конденсатором фильтра.

тока, проходящего через кенотрон. В результате напряжение на C_1 опять поднимается почти до амплитудного значения переменного напряжения.

На фиг. 3 показан сплошной линией график изменения напряжения на конденсаторе C_1 при однополупериодном выпрямлении, а пунктиром дан для сравнения график выпрямленного напряжения при отсутствии фильтра. Из графика видно, что пульсации значительно сглажены и постоянная составляющая значительно повысилась. Она уже не равна 0,32 максимального напряжения, а может составлять 0,8—0,9 $U_{макс}$.

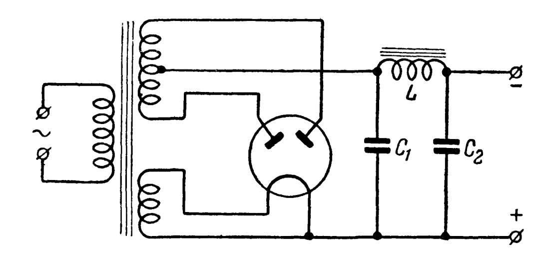
Чем больше нагрузочное сопротивление $R_н$, тем меньше ток разряда конденсатора C_1 и тем медленнее спадает на нем напряжение. Значит, постоянная составляющая будет выше и пульсации будут сглажены лучше. Если цепь сопротивления $R_н$ вообще разомкнуть, то конденсатор C_1, зарядившись до максимального напряжения $U_{макс}$, совершенно не будет разряжаться и напряжение на нем будет строго постоянным, равным $U_{макс}$.

Таким образом, при наличии фильтра постоянное напряжение, даваемое выпрямителем, может быть выше действующего напряжения вторичной повышающей обмотки трансформатора и может приближаться к амплитудному значению этого напряжения.

Например, если действующее переменное напряжение, подаваемое от трансформатора на выпрямитель, равно 300 *в* (его можно измерить вольтметром, подключенным к вторичной обмотке), то амплитудное значение этого напряжения будет, как известно, равно $1{,}4 \cdot 300 = 420$ *в*. Если постоянная составляющая напряжения на конденсаторе C_1 будет составлять $0{,}8\,U_{макс}$, то это значит, что она равна $U_= = 0{,}8 \cdot 420 = 336$ *в*, т. е. больше 300 *в*.

Практически постоянное напряжение на нагрузочном сопротивлении $R_н$ будет меньше вследствие потери части напряжения на сопротивлении провода дросселя.

Переменное напряжение, которое все же имеется на конденсаторе C_1, подается на дрос-



Фиг. 4. Схема двухполупериодного кенотронного выпрямителя с фильтром.

сель L и конденсатор C_2, соединенные между собой последовательно и играющие роль как бы делителя напряжения. Индуктивное сопротивление дросселя во много раз больше, чем емкостное сопротивление конденсатора C_2. Поэтому большая часть переменного напряжения падает на L и лишь весьма малая часть этого напряжения придется на C_2, а также и на нагрузочное сопротивление $R_н$, включенное параллельно C_2.

Следует отметить, что сглаживающий фильтр действует тем лучше, чем выше частота пульсаций, так как тогда возрастает индуктивное сопротивление дросселя и уменьшается емкостное сопротивление конденсаторов. Пульсации хуже сглаживаются при однополупериодном выпрямлении, когда частота f их равна 50 *гц*, и лучше при двухполупериодном ($f = 100$ *гц*).

Мы рассмотрели действие так называемого одного звена или одной ячейки фильтра. Для лучшего сглаживания иногда применяются фильтры из двух-трех ячеек. Пример схемы двухзвенного фильтра показан на фиг. 2,*в*. Здесь конденсатор C_1, дроссель L_1 и конденсатор C_2 составляют одно звено и работают так, как это было рассмотрено выше. Одновременно конденсатор C_2 играет роль входного или первого конденсатора для второго звена фильтра, в которое входят дроссель L_2 и конденсатор C_3. Второе звено работает точно так же, как и первое, и создает дополнительное сглаживание пульсаций.

В случаях, когда величина необходимого выпрямленного тока очень невелика и допустима некоторая потеря постоянного напряжения, вместо дросселя для удешевления и упрощения фильтра включают сопротивление R (проволочное или непроволочное), как это показано на фиг. 2,*г*. Величина этого сопротивления обычно берется в несколько тысяч или десятков тысяч ом. Полная схема наиболее распространенного двухполупериодного выпрямителя с фильтром показана на фиг. 4.

Селеновый выпрямитель[1]

В последние годы для питания анодных и сеточных цепей радиоприемников и усилителей от сетей переменного тока успешно применяются селеновые выпрямители. В этих выпрямителях для преобразования переменного тока в пульсирующий вместо кенотронов применяются селеновые выпрямительные элементы.

Селеновый выпрямительный элемент представляет собой никелированную стальную шайбу (в выпрямителях, питающих приемники, применяются шайбы диаметром 25—35 *мм*), покрытую с одной стороны тонким слоем селена. Поверх селена нанесен металлический слой из легкоплавкого сплава висмута, кадмия и олова. Стальная шайба называется нижним электродом или анодом, а слой легкоплавкого сплава — верхним электродом или катодом. Поэтому указанный легкоплавкий сплав называют катодным сплавом.

Если к нижнему электроду приложить положительный, а к верхнему электроду — отрицательный потенциал, через слой селена пойдет ток больший, чем в случае, если приложить потенциалы в противоположных направлениях. Следовательно, такая шайба обладает выпрямительными свойствами, т. е. она может преобразовать переменный ток в пульсирующий.

Одиночная шайба может быть использована для выпрямления переменного тока с эффективным напряжением не более 14—16 *в*. При большем приложенном напряжении «запирающий слой» разрушается, и шайба теряет свои выпрямительные свойства.

СЕЛЕНОВЫЙ СТОЛБИК. Для выпрямления селеновыми выпрямителями больших переменных напряжений применяют ряд соединенных последовательно селеновых элементов, причем их число берется из расчета, чтобы на каждую шайбу приходилось напряжение не свыше 12—14 *в*.

Такая сборка из селеновых элементов показана на фиг. 1. Конструктивной основой здесь является металлический стержень, на который надета трубка из изоляционного материала с внешним диаметром, равным диаметру внутреннего отверстия шайбы. На этот стержень надеваются последовательно шайба со слоем селена, пружинящая металлическая шайба, малая шайба, опять шайба со слоем селена и т. д. Пружинящая шайба осуществляет контакт верхнего электрода одного селенового элемента через малую металлическую шайбу

[1] В. Н. Догадин и Р. М. Малинин, Книга сельского радиофикатора (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

с нижним электродом следующего селенового элемента. Для получения плотного контакта между всеми шайбами весь столбик стягивается гайками, навинчиваемыми на концы металлического стержня.

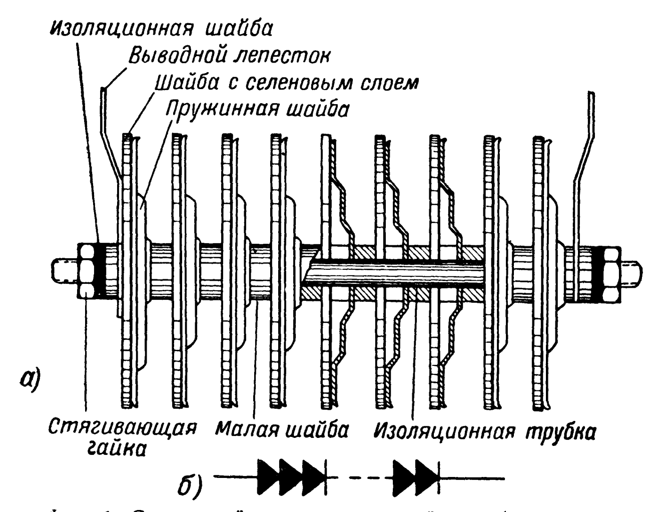
Включение столбика в схему выпрямителя осуществляется через два металлических лепестка, один из которых соединен со стальной шайбой крайнего в столбике селенового элемента, а другой — с крайней в столбике пружинящей шайбой. Изоляционные шайбы препятствуют короткому замыканию между крайними элементами столбика через стягивающий стержень.

На фиг. 1,*б* показано схематическое обозначение селенового выпрямительного столбика.

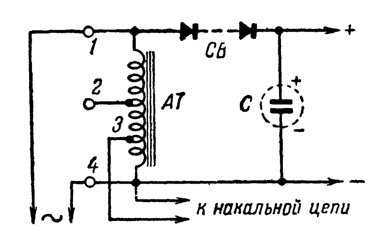
СХЕМА СЕЛЕНОВОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ. Одна из распространенных в массовых радиослушательских приемниках схема выпрямителя с селеновым столбиком *СВ* приведена на фиг. 2.

Здесь вместо силового трансформатора применен автотрансформатор *АТ*, представляющий катушку из изолированной проволоки с сердечником из стальных пластин. От витков катушки сделаны отводы. К электросети с напряжением 220 *в* автотрансформатор присоединяется концами *1* и *4* своей обмотки, и напряжение на селеновый столбик поступает непосредственно из сети.

В результате выпрямительного действия столбика на конденсаторе *С* получается пульсирующее напряжение. Провода, обозначенные + и —, идут через сглаживающий фильтр на питание анодных цепей приемника. Число витков между нижним концом обмотки автотрансформатора, обозначенным цифрой *4*, и отводом, обозначенным цифрой *3*, выбирается так,



Фиг. 1. Селеновый выпрямительный столбик и его схематическое изображение.



Фиг. 2. Схема выпрямителя с селеновым столбиком и автотрансформатором.

чтобы на этих витках получалось напряжение, необходимое для накала ламп приемника. Провода от этих двух точек идут к нитям накала ламп приемника.

Сеть с напряжением 110—127 *в* подключается к концу *4* обмотки автотрансформатора и к отводу *2*. При этом в части витков обмотки между концом *1* и отводом *2* получается напряжение около 100 *в*. Так как селеновый столбик подключен к концу *1* обмотки, то указанное добавочное напряжение складывается с напряжением сети, подведенным к точкам *2* и *4*, и на селеновый столбик опять подается напряжение около 220 *в*. Следовательно, независимо от того, питается ли выпрямитель от сети с напряжением 220 или 110—127 *в*, на селеновый столбик подается практически одно и то же напряжение. Поэтому в обоих случаях получаются примерно одинаковые выпрямленные напряжения.

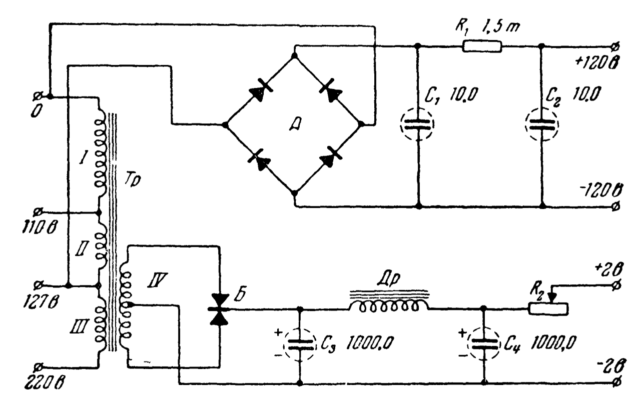
Питание приемника „Родина" от электросети переменного тока[1]

Развивающаяся электрификация колхозной деревни открывает сельским радиолюбителям широкие возможности применения тока электросети для питания радиоприемников.

Здесь приводится описание перевода приемников «Родина» и «Родина-47» на питание от электросети переменного тока, который не требует изменения принципиальной схемы и замены ламп.

Это осуществляется применением для питания цепей накала и анодов ламп приемников «Родина» двух самостоятельных селеновых выпрямителей. В этом случае схема приемника остается без изменений, а перевод его с питания от электросети на питание от батарей осу-

[1] Б. Левандовский, Питание приемника «Родина» от сети, «Радио», 1949, № 9.



Фиг. 1. Принципиальная схема селенового выпрямителя.

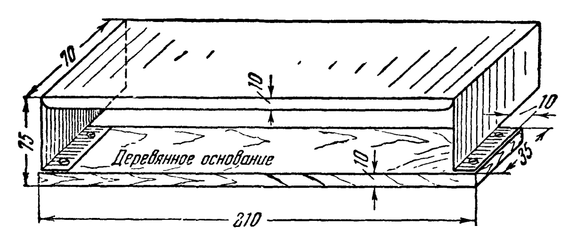
ществляется путем пересоединения четырехжильного кабеля.

СХЕМА ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО БЛОКА. Схема блока выпрямителей, который необходимо собрать для питания приемника, приведена на фиг. 1.

Такой блок состоит из понижающего силового трансформатора *Тр* и двух селеновых столбиков *А* и *Б*. Первый из них выпрямляет высокое напряжение, необходимое для питания анодов ламп. Сглаживающий фильтр состоит из сопротивления R_1 и электролитических конденсаторов C_1 и C_2.

Селеновый столбик *Б* выпрямляет низкое напряжение для питания нитей накала ламп приемника. Дроссель *Др* и конденсаторы C_3 и C_4 составляют сглаживающий фильтр этого выпрямителя. Сопротивление R_2 — обычный реостат для регулировки тока накала.

Работает этот блок так. С концов половины первичной обмотки трансформатора *Тр* (секции *I* и *II*), рассчитанной на 127 *в*, переменное напряжение подается непосредственно к селеновому столбику *А*, и эта обмотка используется в качестве автотрансформатора. Такая схема обеспечивает постоянство выпрямленного напряжения независимо от того, будет ли включен трансформатор в сеть с напряжением 110, 127 или 220 *в*. Сам выпрямитель (столбик *А*) включается по схеме моста. При потребляемом токе около 10 *ма* в фильтр вместо дросселя ставится непроволочное сопротивление R_1, которое вместе с конденсаторами C_1 и C_2 вполне обеспечивает необходимое сглаживание пульсации.



Фиг. 2. Шасси для выпрямителя.

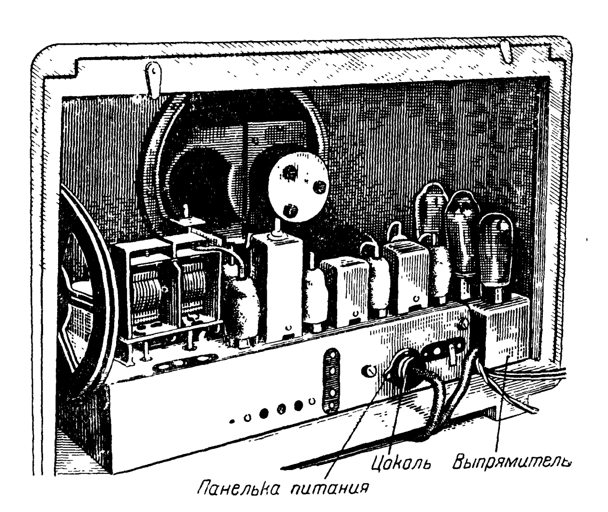
Напряжение на выходе этого выпрямителя в значительной степени зависит от величины емкости конденсатора C_1; с увеличением емкости напряжение повышается. При указанных на фиг. 1 величинах емкости C_1 и сопротивления R_1 на выходе фильтра получается напряжение 120 *в*.

Выпрямительный столбик *Б*, питающий цепь накала ламп приемника, собирается по обычной двухполупериодной схеме. Как показывает практика, такой выпрямитель для данного случая более подходит, чем мостовой, так как из-за некоторой несимметричности плеч у моста возникают значительные пульсации.

Вообще вопросу фильтрации напряжения в цепи накала следует уделять серьезное внимание, так как от этого в значительной степени зависит качество работы приемника. При токе 0,46 *а* (ток накала ламп приемника «Родина») эта задача является весьма нелегкой и может быть удовлетворительно решена лишь применением в фильтре соответствующего дросселя *Др* и конденсаторов C_3 и C_4, обладающих большой емкостью.

КОНСТРУКЦИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО БЛОКА. Оба выпрямителя смонтированы на алюминиевом шасси, размеры которого показаны на фиг. 2. Форма и размеры его выбраны с таким расчетом, чтобы шасси могло поместиться в ящике приемника «Родина» и «Родина-47». Расположение деталей этого блока хорошо видно на фиг. 3.

Сверху шасси расположены селеновые столбики *А* и *Б* и конденсатор C_4; внутри шас-



Фиг. 3. Выпрямитель в ящике приемника „Родина-47".

си размещены понижающий трансформатор *Тр*, конденсаторы C_1, C_2, C_3 и дроссель *Др*. Подобное шасси, понятно, можно сделать и из фанеры или тонких досок. Выходные зажимы выпрямителей установлены на гетинаксовой планке. Для приемника «Родина» удобнее сделать выводы четырехжильным шнуром, так как на самом приемнике имеются зажимы для подключения питания.

Селеновые столбики могут быть взяты любого типа, способные пропустить ток для накала не менее 0,5 *а* и ток для питания анодов ламп около 15—12 *ма*. При этом следует руководствоваться теми соображениями, что к каждой шайбе селенового столбика может быть приложено напряжение не больше 12—14 *в*, а плотность тока должна быть не выше 50—60 *ма* на 1 *см*² рабочей поверхности шайбы.

Исходя из этого, число шайб в каждом плече столбика *А* должно быть не менее 9—10, а диаметр рабочей поверхности шайбы — не менее 1 *см*. В столбике *Б* может быть по две шайбы в плече диаметром не менее 35 *мм*.

Данные селеновых столбиков, примененных в описываемой конструкции, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование столбика	Диаметр шайбы, *мм*	Число шайб в плече	Максимальный ток, *ма*	Максимальное напряжение, *в*
А	20	9	180	120
Б	45	2	800	24

Самодельными деталями блока являются понижающий трансформатор *Тр* и дроссель *Др* фильтра.

Трансформатор собран на сердечнике из пластин Ш-19; сечение сердечника 5 *см*². Первичная его обмотка, как видно из фиг. 1, секционирована (*I*, *II*, *III*) с расчетом на включение ее в сеть с напряжением 110, 127 и 220 *в*.

Обмотка *IV* трансформатора намотана поверх обмотки *I* и состоит из двух секций. От средней точки этой обмотки сделан отвод.

Данные обмоток трансформатора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Секции обмоток	Напряжение, *в*	Ток, *а*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
I	110	0,11	1 300	0,27 — 0,3
II	17	0,1	200	0,27 — 0,3
III	93	0,06	1 100	0,2
IV	11 × 2	0,5	130 × 2	0,5 — 0,6

Дроссель *Др* фильтра собирается на сердечнике из пластин Ш-25. Сечение сердечника 7 *см*², ширина воздушного зазора 1 *мм*. Намотка производится виток к витку проводом ПЭ 0,5 *мм*. Число витков обмотки дросселя равно 800. Сопротивление дросселя постоянному току должно быть равно 12 *ом*. Если сопротивление окажется больше, то следует увеличить число витков вторичной обмотки трансформатора, так как иначе напряжение на выходе выпрямителя будет меньше 2 *в*. Если же сопротивление дросселя заметно меньше 12 *ом*, то на выходе выпрямителя получится напряжение более 2 *в*. В этом случае излишек его придется поглощать реостатом R_2 в 5—10 *ом*.

Конденсаторы C_1 и C_2 должны быть рассчитаны на рабочее напряжение 150—300 *в*, а C_3 и C_4 — на 25 *в*.

Собранный выпрямительный блок не требует никакого налаживания. Необходимо лишь реостатом R_2 точно отрегулировать напряжение накала. В целях предосторожности при первом включении блока в приемник надо полностью ввести реостат R_2 в цепь накала. Затем, включив вольтметр, надо с помощью реостата точно подогнать нужное напряжение накала.

При отсутствии вольтметра напряжение накала устанавливается по громкости приема, т. е. вращением ручки реостата постепенно повышают ток накала до тех пор, пока не получится громкий прием. Затем надо ручку реостата слегка повернуть в обратную сторону, но так, чтобы не было значительного уменьшения громкости, и оставить ее в этом положении.

Включается блок в сеть при помощи шнура с вилкой, присоединенного к зажимам первичной обмотки трансформатора, соответствующим напряжению сети.

Для перехода на питание от батарей надо отключить выпрямительный блок от приемника и подключить батареи.

Литература

Книги

И. И. Спижевский, Гальванические батареи и аккумуляторы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описываются простейшие самодельные элементы и выпускаемые промышленностью типы элементов и батарей, используемых в радиолюбительской практике. Излагаются основные правила обращения с аккумуляторами.

Ф. И. Тарасов, Как построить выпрямитель (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описание простого самодельного лампового выпрямителя.

В. П. Сенницкий, Самодельные гальванические элементы (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Практическое руководство для самостоятельного изготовления гальванических элементов разных типов. Описываются также самодельные батареи и даются указания по восстановлению заводских батарей накала и анода.

С. Н. Кризе, Расчет маломощных силовых трансформаторов и дросселей фильтров (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Методы расчета трансформаторов для выпрямителей и упрощенный способ расчета дросселей фильтров.

Б. А. Левандовский, Питание приемников «Родина» от электросети (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Описание выпрямителей для питания от электросети батарейных приемников «Родина-47», БИ-234, РПК-9 и РПК-10.

Н. В. Казанский, Автотрансформатор (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Рассказывается, как работает автотрансформатор, и приводится методика его расчета.

Р. М. Малинин, Питание радиоприемников от электросети (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Описаны различные схемы кенотронных и селеновых выпрямителей и даны указания по выбору кенотронов и селеновых столбиков, приводятся расчеты выпрямителей и фильтров к ним.

В. В. Шипов и Г. М. Давыдов, Источники тока для батарейных радиоприемников, Связьиздат, 1950.

Рассматриваются принципы работы, устройство и применение первичных источников тока для батарейных радиоприемников. Описываются основные типы накальных и анодных батарей, выпускаемых отечественной промышленностью, и даются советы по выбору источников питания и обращению с ними.

Д. А. Гершгал и В. А. Дараган-Сущев, Самодельный вибропреобразователь (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Подробное описание простого устройства, преобразующего низкое постоянное напряжение аккумуляторов в повышенное постоянное напряжение.

К. Б. Мазель, Выпрямители и стабилизаторы напряжения (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Рассматриваются основные схемы выпрямителей и электронных стабилизаторов напряжения. Приводятся расчеты кенотронных и селеновых выпрямителей, а также сглаживающих фильтров. Дается конструктивный расчет трансформаторов и дросселей и расчет электронного стабилизатора напряжения.

Статьи

В. Сенницкий, Использование разряженных элементов МВД, «Радио», 1949, № 4.

И. И. Спижевский, Элементы ВД, «Радио», 1949, № 5.

П. Голдованский, Селеновые выпрямители, «Радио», 1949, № 7.

Д. Гершгал и В. Дараган-Сущев, Самодельный вибропреобразователь, «Радио», 1949, № 8.

Р. Малинин, Выпрямители, «Радио», 1950, № 10.

Р. Малинин, Сглаживающие фильтры, «Радио», 1950, № 11.



ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ

Параметры радиоприемника[1]

Для того чтобы сравнивать радиоприемники и классифицировать их, нельзя ограничиваться общими и неопределенными указаниями о том, плох или хорош данный приемник. Нужны точные характеристики его рабочих качеств. Для этого надо располагать некоторыми данными, позволяющими объективно оценить качества радиоприемника.

Такими объективными данными, характеризующими электрические качества приемника, являются его параметры.

Параметр по-гречески означает — отмеривающий (измеряющий). Параметры радиоприемника — это такие его данные, которые получаются в результате вполне определенных измерений.

Основные параметры (показатели) радиоприемника следующие:

1. Диапазон волн (частот).
2. Выходная мощность.
3. Потребляемая мощность.
4. Чувствительность, т. е. способность радиоприемника принимать слабые сигналы.
5. Избирательность, т. е. способность выделять сигналы требуемой радиостанции и не пропускать сигналов других станций (отстраиваться).
6. Частотная характеристика, показывающая, как приемник воспроизводит различные частоты.

ДИАПАЗОН ВОЛН. Диапазон приемника определяет собой участок (или полосу) частот, на котором приемник работает. Принято указывать диапазон в килогерцах или в мегагерцах (для наиболее коротких волн), а часто в метрах. Следует иметь в виду, что одна только способность приемника плавно настраиваться на определенную полосу частот не гарантирует возможности приема всех станций, работающих на этих частотах. Для этого еще необходимо, чтобы напряженность поля станции в месте приема достаточно превышала уровень помех, а также, чтобы приемник обладал соответствующей чувствительностью.

Современные ламповые радиоприемники имеют обычно три основных диапазона: длинноволновый (от 2000 до 723 *м*), средневолновый (от 575 до 187 *м*) и коротковолновый (от 75,6 до 24,8 *м*).

Приемники, имеющие все три указанных диапазона часто, называют всеволновыми. По существу это наименование неправильно, так как эти приемники не охватывают ультракоротковолновый диапазон. Кроме того, в супергетеродинных приемниках, в которых обычно используется промежуточная частота 460 *кгц*, вблизи этой частоты диапазон должен иметь провал. Иначе в диапазоне, близком к промежуточной частоте, радиоприемник работал бы неустойчиво и с искажениями.

Но так как радиовещание на ультракоротких волнах ведется пока только в крупнейших центрах страны, а провал в длинноволновом диапазоне не превышает 120 *м*, название «всеволновый приемник» еще не вышло из употребления.

Некоторые всеволновые приемники имеют только один общий коротковолновый диапазон, что затрудняет настройку, так как достаточно чуть-чуть повернуть ручку, чтобы потерять принимаемую радиостанцию. Это особенно характерно для начала коротковолнового диапазона, где на узком участке расположено особенно большое число радиостанций.

С другой стороны, радиовещательные станции не занимают весь коротковолновый диа-

[1] По разным источникам.

пазон, а работают лишь в отдельных его участках. Это — так называемые коротковолновые вещательные диапазоны:

На шкале настройки радиоприемника эти диапазоны обычно подчеркнуты дополнительной линией.

Чтобы облегчить настройку на коротковолновые станции и получить более устойчивый прием, некоторые радиоприемники делаются с растянутыми диапазонами. Это — небольшие участки коротковолнового диапазона (300—400 *кгц*), растянутые на всю шкалу радиоприемника, благодаря чему обеспечивается удобная и плавная настройка. В современных приемниках высших классов бывает от двух до пяти растянутых диапазонов. Общий коротковолновый диапазон в этом случае служит для приема лишь в тех участках, которые не растянуты.

Таким образом, современные радиоприемники могут иметь от двух до восьми и даже десяти различных диапазонов (включая растянутые).

ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ. Последняя (оконечная) ступень радиоприемника отдает в телефон или громкоговоритель некоторую мощность тока низкой частоты, которую называют выходной мощностью. При этом на зажимах телефона или громкоговорителя приемника получается некоторое напряжение, называемое выходным напряжением. Выходная мощность выражается в ваттах или в милливаттах.

Для нормальной слышимости на телефон выходная мощность должна быть от 10 до 20 *мвт*, а выходное напряжение при этом составляет от 15 до 20 *в* для высокоомного телефона. Приемники, работающие с громкоговорителями, имеют значительно большую мощность (от сотен милливатт до нескольких ватт).

Чем больше выходная мощность приемника, тем большую аудиторию он может обслужить.

Для обслуживания жилых помещений достаточна мощность от 200 *мвт* до 3—4 *вт*. При мощности в 3—5 *вт* можно обслужить большой зал. Уличные громкоговорители потребляют мощность до 100 *вт*, а иногда и выше.

Широко распространенные приемники имеют выходную мощность: «Рекорд-47» около 1 *вт*, АРЗ-49 0,6 *вт*, «Восток-49» 1,5 *вт*, ВЭФ М-557 около 3 *вт*, батарейный приемник «Родина» 0,2—0,18 *вт*.

При определении выходной мощности принимается во внимание мощность, которую приемник отдает при определенном минимуме искажений, в связи с чем ее называют иногда «неискаженной мощностью».

Отдаваемую приемником электрическую мощность не следует смешивать с акустической мощностью, т. е. мощностью звуковых колебаний, развиваемых громкоговорителем. Так как коэффициент полезного действия громкоговорителей очень мал (в среднем около 1%), то отдаваемая приемником акустическая мощность примерно в сто раз меньше указываемой в паспортах выходной мощности.

ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ. Мощность, потребляемая приемником от осветительной сети, выражается в ваттах и является показателем, характеризующим экономичность радиоприемника. Чем меньшую мощность потребляет приемник, тем он экономичнее. По величине потребляемой приемником мощности можно вычислить, сколько будет стоить электроэнергия, нужная для его работы.

Сделаем примерный расчет для приемника «Беларусь», имеющего 13 ламп и потребляющего от сети 180 *вт*.

Допустим, что приемник работает 5 час. в сутки, следовательно, в день он потребляет 900 *втч* (ватт-часов), а в месяц $900 \times 30 = 27\,000$ *втч*, или 270 *гвтч* (гектоватт-часов; 1 киловатт = 10 гектоватт = 1 000 ватт). Один гектоватт-час по московскому тарифу стоит 4 коп. (1 киловатт-час — 40 коп.). Следовательно, стоимость питания радиоприемника в месяц составит $270 \times 4 = 10$ р. 80 к.

Соответственно стоимость питания приемника средней мощности, потребляющего, скажем, 50—80 *вт*, составит от 3 р. до 4 р. 80 к. Эти цифры следует знать всем, имеющим приемники и проживающим в коммунальных квартирах.

Чувствительность[1]

Способность радиоприемника принимать дальние или вообще слабо слышимые станции характеризуется его чувствительностью. Теоретически это качество приемника представляется очень простым: чем больше чувствительность приемника, тем более слабые сигналы он может принимать и, следовательно, тем больше станций он может принять. Но практически возможность приема того или иного числа радиостанций зависит от ряда причин, что делает понятие о чувствительности радиоприемника в известной степени расплывчатым и неясным для начинающих радиолюбителей.

[1] Л. Полевой, Чувствительность, «Радио», 1949, № 1.

НАПРЯЖЕНИЕ НА ВХОДЕ. Сигналы принимаемой станции поступают на вход приемника (входом приемника называют его зажимы «антенна — заземление»), развивая на них некоторое переменное напряжение высокой частоты. Это напряжение называется входным.

Чем меньше величина входного напряжения, достаточная для нормальной работы приемника, тем выше его чувствительность.

Для того чтобы избежать разнобоя в оценках, условились считать мерой чувствительности приемника такое напряжение, которое надо подвести к его входу, чтобы получить на выходе нормальную мощность. Нормальная выходная мощность равна одной десятой наибольшей выходной мощности приемника, т. е. такой мощности, которую приемник отдает при коэффициенте нелинейных искажений, не превышающем 10%.

МИЛЛИОННЫЕ ДОЛИ ВОЛЬТА. Необходимое для получения такой выходной мощности входное напряжение обычно бывает очень малым — оно измеряется миллионными долями вольта — микровольтами (*мкв*). Таким образом, чувствительностью приемника называется то напряжение в микровольтах, которое надо подвести к его входу, чтобы приемник отдавал нормальную выходную мощность. Если, например, для получения нормальной выходной мощности к приемнику надо подвести напряжение в 100 *мкв*, то говорят, что его чувствительность равна ста микровольтам.

Величина наибольшей выходной мощности и, следовательно, нормальной выходной мощности приемников бывает различной, потому что выходная мощность в значительной степени определяется низкочастотной частью приемника. Поэтому при равной чувствительности, например 100 *мкв*, один приемник может иметь нормальную мощность в 0,1 *вт*, а другой — 0,2, 0,3 *вт* и т. д. Следовательно, по отдаваемой приемником мощности нельзя судить о его чувствительности.

Следует заметить также, что между чувствительностью приемника и ее численным выражением в микровольтах существует обратная зависимость: чем больше значение чувствительности, выраженное в микровольтах, тем меньше чувствительность приемника. Если, например, чувствительность одного приемника равна 100 *мкв*, а другого 1 000 *мкв*, то чувствительность первого из них в десять раз больше, чем второго. Это обстоятельство радиослушатели и начинающие радиолюбители часто забывают и придают неверное значение численному выражению чувствительности.

ЧЕМУ РАВНА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ. Чувствительность приемника лишь весьма приближенно может быть выражена какой-нибудь одной величиной. В действительности она не остается постоянной на всех его диапазонах и даже в пределах одного диапазона. Как правило, чувствительность приемников обычно бывает наибольшей в длинноволновом диапазоне и наименьшей — в коротковолновом, а в пределах каждого диапазона чувствительность бывает больше у длинноволнового «конца» диапазона и меньше у его коротковолнового «конца». На практике могут встречаться некоторые отступления от этого правила, объясняющиеся значительным отклонением качества контуров какого-либо диапазона от нормальной величины. Понятно, что если в каком-либо приемнике сделать контуры средневолнового диапазона высокого качества, а длинноволновые — очень низкого, то чувствительность в средневолновом диапазоне может оказаться более высокой, чем в длинноволновом.

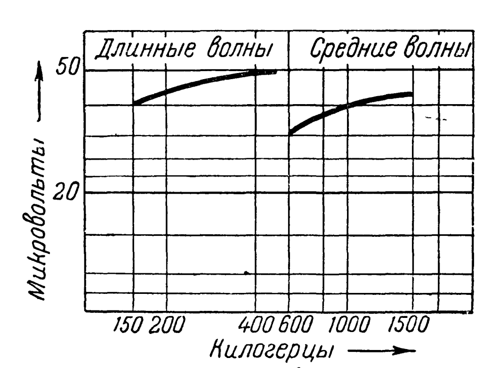


Вход приемника

1 микровольт (мкв) = = 0,000001 вольта (в)

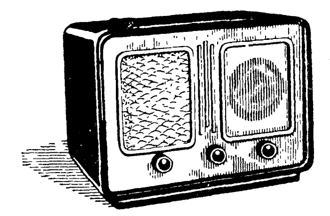
Какова же чувствительность современных приемников?

Приемники массового типа, например такие, как «Рекорд», имеют чувствительность в длинноволновом диапазоне около 300 *мкв*, в средневолновом — около 350—400 *мкв* и в коротковолновом — около 500 *мкв*. У приемников средних классов, вроде ВЭФ М-557, величины



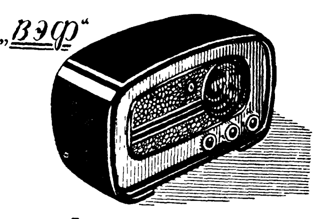
Примерные кривые изменения чувствительности



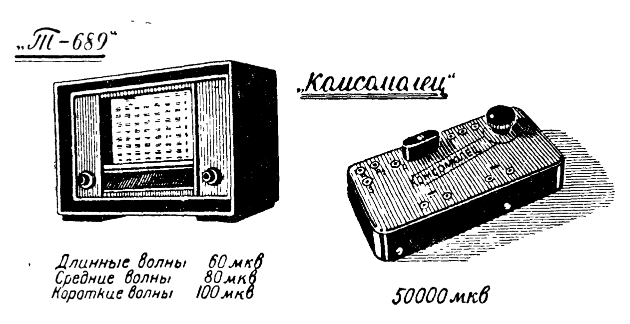


Длинные волны 300 мкв
Средние волны 350 мкв
Короткие волны 500 мкв

„ВЭФ"



Длинные волны 150 мкв
Средние волны 200 мкв
Короткие волны 250 мкв



чувствительности соответственно составляют 150, 200 и 250 *мкв*. У приемников первого класса, например таких, как Т-689, эти цифры соответственно снижаются до 60, 80 и 100 *мкв*.

К числу наименее чувствительных приемников относятся, естественно, детекторные приемники, в которых не производится никакого усиления принимаемых сигналов. Обычно принято считать, что для нормальной работы детекторного приемника нужно подвести к его входу напряжение не менее 50 000 *мкв*, т. е. около 50 *мв*, или 0,05 в.

ЧЕМ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ. Чувствительность приемника определяется резонансными свойствами контуров и усилительным действием электронных ламп.

Основной величиной, характеризующей качество контура, является его добротность, обозначаемая буквой Q (ку). Контур при резонансе увеличивает подводимое к нему напряжение в Q раз. Если Q контура равно 100 и к нему подвести переменное напряжение 1 *в*, то при совпадении собственной частоты контура с частотой подведенных колебаний на контуре получается напряжение 100 *в*. Следует, однако, отметить, что фактически контуры не повышают напряжение в Q раз, так как в схеме приемника к контурам присоединяются различные цепи, которые уменьшают Q. Но все же реально действующее значение Q редко бывает меньше десяти.

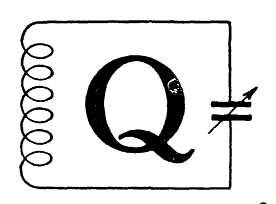
Усилительные свойства радиолампы определяются ее параметрами, главным образом коэффициентом усиления μ и крутизной характеристики S, причем наибольшее значение имеет крутизна, а не коэффициент усиления. Чем больше μ и в особенности чем больше S, тем больше усиливает лампа подведенное к ней напряжение.

Казалось бы, что в приемниках легко получить любое усиление — для этого достаточно увеличить число колебательных контуров и ламп. Но на самом деле это не так. Есть ряд причин, ограничивающих усиление. Все эти причины можно разделить на две категории: внешние и внутренние. Познакомимся с ними вкратце.

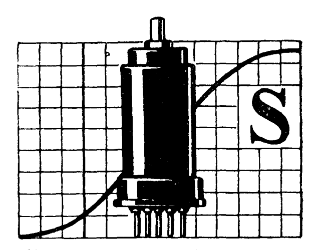
УРОВЕНЬ ВНЕШНИХ ШУМОВ. В самых лучших условиях приема атмосферные и космические помехи создают определенный уровень шумов, напряженность которых на входе приемника составляет не меньше нескольких микровольт. Сигнал радиостанции должен перекрывать уровень этих помех, иначе сигналы не будут слышны. Вот почему нет смысла добиваться чрезмерной чувствительности приемника. Если чувствительность приемника достигла величины, соответствующей постоянному уровню помех, то дальнейшее увеличение чувствительности не даст положительных результатов — сигналы радиостанций все равно будут «забиваться» шумами.

Но уровень атмосферных шумов в несколько микровольт наблюдается только в местах, удаленных от промышленных центров. В городах к помехам атмосферного происхождения обычно добавляются помехи, порождаемые всевозможными электрическими установками. Уровень этих помех в больших городах достигает сотни, а иногда и тысячи микровольт. Поэтому для приемников, установленных в черте города, чувствительность примерно выше 100 *мкв* вообще бесполезна.

ВНУТРЕННИЕ ШУМЫ И ИСКАЖЕНИЯ. Приему мешают шумы не только внешнего происхождения. Шумы зарождаются и внутри приемника. «Шумят» сопротивления, которых в приемнике очень много, колебательные контуры и вообще все проводники. Эти шумы обусловлены движением свободных электронов.



Добротность контура Q показывает во сколько раз контур при резонансе усиливает подводимое к нему переменное напряжение



Крутизна характеристики S определяет усиление лампы

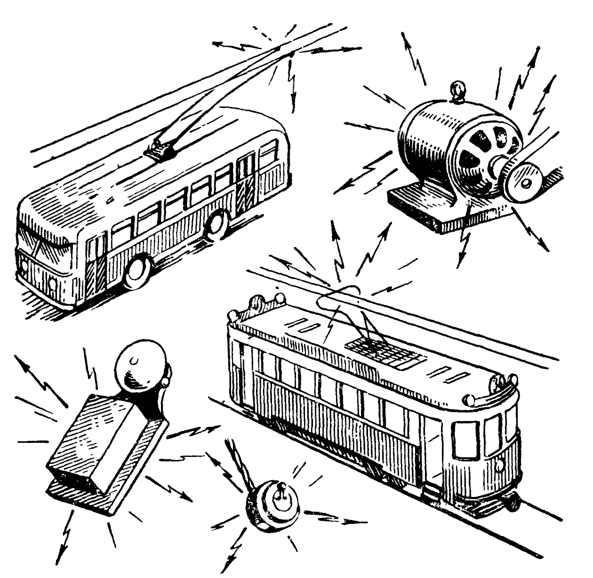
Особенно сильно шумят лампы. Число электронов, вылетающих из катода лампы в течение равных отрезков времени, не является постоянным. Вследствие этого электронный ток, текущий через лампу, непрерывно хаотически изменяет свою величину в некоторых пределах. Это явление носит название «дробового эффекта».

Дробовой эффект создает шум, величина которого соизмерима с напряжением, возникающим в антенне при приеме очень отдаленных станций. Наибольший шум создают преобразовательные лампы супергетеродинов.

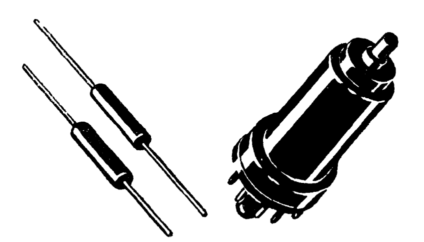
Это обстоятельство не позволяет применять для усиления высокочастотных сигналов слишком много ламп (а также и других деталей), так как при этом «собственные» шумы приемника перекроют сигналы станций. При большом числе ступеней усиления возникают, кроме того, искажения принимаемых сигналов.

Все эти внешние и внутренние шумы, искажения и другие причины, о многих из которых мы даже не упомянули, заставляют ограничивать чувствительность приемника. Дальнейшее увеличение чувствительности возможно только путем конструирования новых «бесшумных» ламп, нахождения способов устранения промышленных и атмосферных помех и усовершенствования радиодеталей.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ГРОМКОСТЬ. Существует распространенное заблуждение, что громкость работы приемника определяется его чувствительностью, т. е. чем чувствительнее приемник, тем громче он работает. В действительности приемник очень высокой чувствительности может работать совсем негромко, а приемник малочувствительный может работать очень громко. Из всего вышесказанного ясно, что чувствительность приемника определяет то минимальное напряжение, на которое приемник определенным образом реагирует. Степень дальнейшего усиления принятого сигнала зависит от числа и качества ступеней усиления звуковой частоты.



Электрические приборы и установки создают определенный уровень шумов



Лампы и сопротивления являются основными источниками внутренних шумов приемников

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ. Точно так же было бы неправильным считать, что число принимаемых станций определяется только чувствительностью приемника.

Действительно, если приемник мало чувствителен, то на нем нельзя принять много станций, но это не значит, что на чувствительном приемнике обязательно можно принять большое количество станций. Число принимаемых станций зависит от существующего в месте приема уровня помех и от избирательности приемника. Чтобы отсеять помехи от других станций, нужна высокая избирательность. Высокая чувствительность может быть практически реализована лишь при хорошей избирательности.

Напряженность поля[1]

Для того чтобы составить себе правильное представление о том, какие возможности в отношении приема обеспечивают современные приемники, надо знать примерные величины напряжений, развиваемых станциями в приемных антеннах. Эти величины характеризуются напряженностью поля станций в месте приема. Напряженность поля численно равна напряжению, которое получается в приемной антенне с действующей высотой 1 *м*.

Напряженность поля местных радиостанций измеряется обычно десятками тысяч *мкв/м*

[1] «Радио», 1949, № 1.

(микровольт на метр). Считается, что для хорошего приема на детекторном приемнике нужна напряженность поля не меньше 3 000—5 000 *мкв/м*.

Хорошо слышимые на современном ламповом приемнике дальние станции создают напряженность поля от нескольких сот примерно до 1000 *мкв/м*. Станции средней слышимости развивают напряженность поля порядка 100 *мкв/м*.

Станции, слышимые слабо, создают поле напряженностью около 50 *мкв/м*. Прием таких станций не вполне регулярен, а в районе действия электрических помех часто бывает совсем невозможен. При отсутствии атмосферных, индустриальных и всякого рода иных помех хороший современный приемник может давать не особенно громкий прием сигналов при напряженности поля 5—15 *мкв/м*.

Избирательность[1]

Избирательность приемника характеризует его способность выделять сигнал требуемой станции и не пропускать сигналов других станций. Иначе говоря, избирательность приемника показывает, какова его способность отстраиваться при приеме какой-либо станции от передач мешающих станций.

Избирательность определяется в основном качеством и количеством настроенных резонансных контуров. Чем больше в приемнике таких контуров, тем выше его избирательность.

Избирательность обычно определяют показателем, который дает представление о том, насколько уменьшается усиление приемника при расстройке его на 10 *кгц*. Часто в паспорте приемника просто указывается, во сколько раз уменьшается его усиление при такой расстройке. Иногда же величина этого ослабления приводится в особых единицах — децибелах (*дб*). Приблизительно ослабление в 6 *дб* соответствует уменьшению усиления в 2 раза, ослабление в 10 *дб* — уменьшению усиления в 3 раза, ослабление в 15 *дб*—уменьшению в 6 раз, ослабление в 20 *дб* — уменьшению в 10 раз, ослабление в 40 *дб* — уменьшению в 100 раз и т. д.

Таким образом, если в паспорте приемника сказано, что ослабление при расстройке на 10 *кгц* равно 20 *дб*, то это означает, что при такой расстройке усиление приемника будет в 10 раз меньшим, чем при точной настройке на станцию.

Обычно радиовещательные приемники среднего качества при расстройке на 10 *кгц* дают ослабление не менее чем 20 *дб*, т. е. не меньше чем в 10 раз.

[1] А. В. Комаров, Массовые сетевые радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Усилитель высокой частоты[1]

Теория работы усилителей высокой частоты разработана главным образом трудами советского ученого проф. В. И. Сифорова.

Назначением усилителя высокой частоты в приемнике являются усиление колебаний высокой частоты, полученных в антенне под действием радиоволн, и повышение избирательности приемника.

В отличие от усилителей низкой частоты, которые служат для усиления колебаний во всем диапазоне звуковых частот, усилители высокой частоты должны усиливать колебания не всех частот сразу, а только одной определенной высокой частоты или некоторой сравнительно узкой полосы высоких частот.

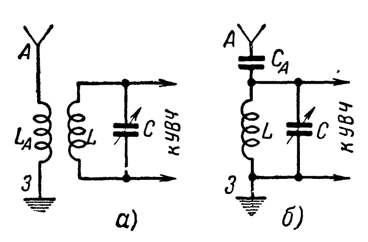
Это достигается применением настроенных в резонанс колебательных контуров, и потому усилители высокой частоты иногда называют резонансными усилителями.

ВХОДНОЙ КОНТУР. Колебания из антенны подаются на сетку лампы ступени усиления высокой частоты через входной контур *LC*, который, как правило, не включается непосредственно в антенну, а связывается с ней индуктивно через катушку L_A (фиг. 1,*а*) или через небольшую емкость C_A (фиг. 1,*б*).

Непосредственное включение входного контура в антенну неудобно потому, что тогда довольно большая емкость антенны войдет в состав контура, значительно уменьшит его собственную частоту и уменьшит коэффициент перекрытия на более коротких волнах

В большинстве случаев антенная цепь в приемнике не настраивается, но все же иног-

[1] Радиотехника (Учебник сержанта-связиста), Воениздат, 1949.



Фиг. 1. Схемы связи входного контура с антенной.

да для увеличения громкости приема и повышения избирательности ее настраивают в резонанс на частоту принимаемого сигнала.

СХЕМА С АНОДНЫМ КОНТУРОМ. Одна из наиболее распространенных схем усилителя высокой частоты дана на фиг. 2. Она называется схемой с анодным контуром.

Переменное напряжение высокой частоты в этой схеме подается на управляющую сетку лампы и создает в анодной цепи ток, пульсирующий с той же частотой. Анодный колебательный контур LC является большим нагрузочным сопротивлением для переменной составляющей анодного тока. Чем больше его сопротивление, тем больше коэффициент усиления ступени.

Контур настраивается всегда в резонанс, а в этом случае в контуре возникают наиболее сильные колебания, которые будут тем значительнее, чем меньше потери в контуре, т. е. чем выше его добротность.

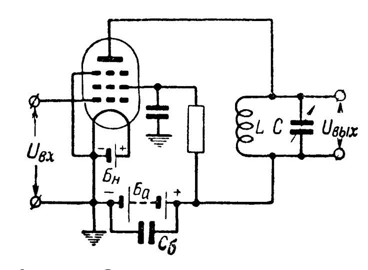
Постоянная составляющая анодного тока проходит свободно через катушку, а переменная составляющая создает на контуре переменное напряжение, значительно усиленное по сравнению с напряжением, поданным на управляющую сетку.

Триоды в усилителях высокой частоты, как правило, не применяются, так как они обладают значительной паразитной емкостью анод — сетка, которая особенно вредна на высоких частотах.

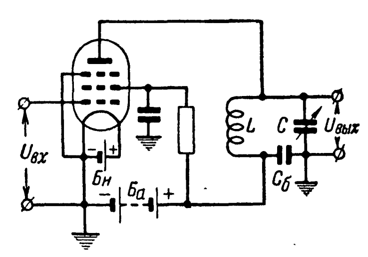
Сопротивление анодного контура практически не удается сделать больше нескольких десятков тысяч ом. Поэтому коэффициент усиления ступени получается небольшим по сравнению с коэффициентом усиления самой лампы.

Ступени усиления высокой частоты на более коротких волнах дают меньшее усиление, так как сопротивление анодного контура на коротких волнах всегда бывает ниже, чем на более длинных волнах.

Схема ступени, изображенная на фиг. 2, имеет тот недостаток, что в ней конденсатор C анодного контура находится под высоким анодным напряжением и его ротор нельзя соединить с землей (точнее с корпусом, т. е. с общим минусом).



Фиг. 2. Схема усилителя высокой частоты с анодным контуром.



Фиг. 3. Вариант схемы усилителя высокой частоты с анодным контуром.

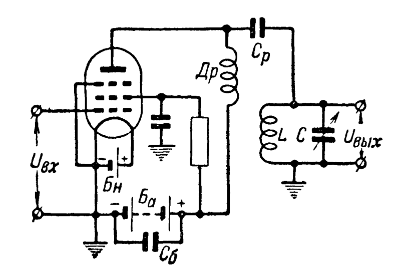
Несколько измененная схема, показанная на фиг. 3, не обладает этим недостатком. В ней блокировочный конденсатор $C_б$, служащий для пропускания переменной составляющей анодного тока, включен в анодный контур, и это позволяет соединять ротор конденсатора C с корпусом. Конденсатор $C_б$ имеет обычно емкость в несколько тысяч или десятков тысяч пикофарад, и его включение последовательно с конденсатором контура лишь незначительно уменьшает емкость анодного контура.

Когда ступень усиления высокой частоты применяется в приемнике, то на управляющую сетку лампы подаются колебания из входного контура или от предыдущей ступени, а усиленные колебания от анодного контура данной ступени подаются на сетку следующей ступени.

Для уменьшения паразитной емкости между анодной и сеточной цепями ступени делают хорошую экранировку. Провод, подключенный к верхнему контакту лампы, окружают экранирующей оболочкой, ставят экраны, разделяющие друг от друга детали и провода анодной и сеточной цепей. Анодный контур часто помещают в экран. Если лампа стеклянная и не имеет металлизации баллона, то ее также иногда полностью экранируют.

Рассмотренные схемы ступеней усиления высокой частоты являются схемами с так называемым последовательным анодным питанием. Эти схемы характеризуются тем, что постоянный анодный ток проходит через катушку анодного контура и контур находится под высоким анодным напряжением.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ АНОДНОЕ ПИТАНИЕ. Применяется также схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием, показанная на фиг. 4. В ней постоянная составляющая анодного тока проходит через дроссель *Др*, а переменная составляющая тока высокой частоты, для которой дроссель представляет большое индуктивное сопротивление, проходит от лампы через разделительный конден-



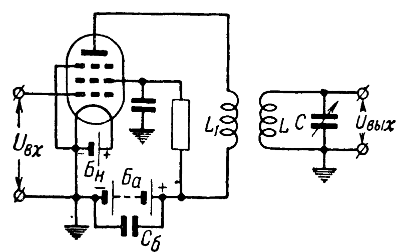
Фиг. 4. Схема усилителя высокой частоты с параллельным анодным питанием.

сатор C_p в контур LC. Изучая путь этих токов на схеме, нужно всегда помнить, что источником постоянного анодного тока служит анодная батарея, а генератором переменного анодного тока в любой усилительной ступени является сама лампа.

Удобство схемы с параллельным анодным питанием заключается в том, что анодный контур не находится под высоким анодным напряжением и поэтому ротор конденсатора переменной емкости может быть непосредственно соединен с корпусом приемника. Некоторым недостатком схемы является наличие дополнительных деталей: анодного дросселя и разделительного конденсатора. Трудно сделать дроссель таким, чтобы он в пределах широкого диапазона частот имел большое индуктивное сопротивление, так как оно меняется при изменении частоты. Этому также мешает собственная емкость дросселя, которая будет оказывать малое сопротивление токам более высоких частот.

Иногда в приемниках вместо дросселя включают активное сопротивление, величина которого при изменении частоты остается почти постоянной.

ТРАНСФОРМАТОРНАЯ СХЕМА. Большое применение имеет еще одна схема ступени усиления высокой частоты, называемая трансформаторной (фиг. 5). В ней анодная цепь усилителя высокой частоты связана с последующей ступенью с помощью трансформатора высокой частоты, состоящего из катушек L и L_1. Катушка L входит в состав резонансного контура, который обычно является сеточным контуром следующей ступени. Катушки L и L_1 располагаются всегда неподвижно одна относительно другой, например наматываются рядом на один каркас.



Фиг. 5. Трансформаторная схема усилителя высокой частоты.

Трансформаторная схема удобна тем, что контур LC изолирован от анодной цепи и, следовательно, ротор конденсатора C можно соединить с корпусом приемника. При правильном подборе взаимной индуктивности между катушками L и L_1 схема может дать примерно такое же усиление, как и схема с анодным контуром.

В ступенях усиления высокой частоты приемника амплитуды колебаний обычно весьма малы. Поэтому часто эти ступени работают без отрицательного напряжения смещения. Однако применение небольшого напряжения смещения (2—3 *в*) желательно для устранения сеточного тока и для уменьшения расхода анодного тока, что особенно важно для батарейных приемников. Так как применение отдельной сеточной батареи для создания напряжения смещения на сетке неудобно, то в современных приемниках это напряжение берется от батарей накала или от анодной батареи.

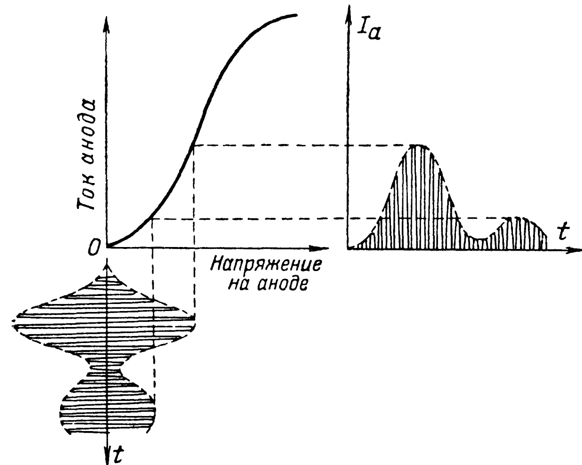
Ламповые детекторы[1]

ДИОДНЫЙ ДЕТЕКТОР. В простейшем случае приемник с диодным детектором можно сделать из любого приемника с кристаллическим детектором, заменив последний диодом. Такая схема позволяет принимать передачу местных станций на телефон. По сравнению с кристаллическим детектором диод работает более устойчиво, но при приеме слабых колебаний дает меньшую громкость.

В современных многоламповых супергетеродинах диодный детектор применяется очень часто для детектирования сравнительно сильных колебаний, полученных после усиления сигналов предыдущими ступенями усиления. Достоинством диодного детектора является малое искажение колебаний звуковой частоты. Недостаток его — то, что он не усиливает подводимых к нему колебаний.

На фиг. 1 графически показан процесс детектирования с диодом. Вдоль нижней вертикальной оси изображена кривая высокочастотного модулированного напряжения, подаваемого на диод от колебательного контура, а вдоль правой горизонтальной оси построен с помощью характеристики диода график пуль-

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.



Фиг. 1. Графическое изображение детектирования с помощью диода.

сирующего анодного тока. Этот ток содержит кроме составляющей высокой частоты еще постоянную составляющую и, главное, составляющую низкой частоты.

Две схемы диодных детекторов, применяемые в приемниках, показаны на фиг. 2. В схеме фиг. 2,*а*, называемой *последовательной* схемой, нагрузочное сопротивление R включено последовательно с диодом *Л*. Переменное модулированное напряжение с контура LC подается на диод, т. е. играет роль анодного напряжения диода. Сопротивление R имеет большую величину — порядка 0,1—0,5 *мгом*, и, чтобы на нем не получилась потеря значительной части переменного напряжения высокой частоты, его всегда шунтируют конденсатором C_1 емкостью 100—200 *пф*. Сопротивление такого конденсатора для токов высокой частоты сравнительно невелико.

Полученный в диоде благодаря его односторонней проводимости пульсирующий ток проходит следующим образом: его составляющая высокой частоты проходит через конденсатор C_1 и через контур LC; постоянная составляющая и составляющая низкой частоты проходят через катушку контура L и сопротивление R, создавая на нем падение напряжения, пульсирующее со звуковой частотой.

Таким образом, нагрузочное сопротивление R включено специально для того, чтобы на нем в результате работы детектора выделялось переменное напряжение низкой частоты. Это напряжение обычно подается через разделительный конденсатор C_2 на усилитель низкой частоты (УНЧ). Разделительный конденсатор не допускает на этот усилитель постоянное напряжение, получающееся на сопротивлении R. Емкость конденсатора C_2 должна быть значительной (не менее нескольких тысяч пикофарад), с тем чтобы он хорошо пропускал колебания низкой частоты.

Надо отметить, что конденсатор C_1, шунтирующий нагрузочное сопротивление R, служит не только для подачи через него переменного напряжения от контура на диод, но также для сглаживания пульсаций постоянной составляющей напряжения на сопротивлении R и для повышения этого напряжения, т. е. он действует совершенно аналогично первому конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя.

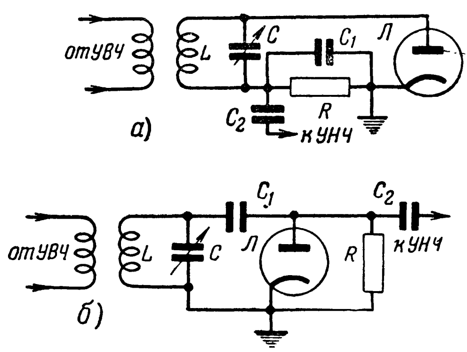
Схема фиг. 2,б, называемая *параллельной* схемой, имеет параллельное соединение диода *Л* и нагрузочного сопротивления R. Переменное напряжение от контура LC подается на диод через конденсатор C_1 емкостью 100—200 *пф*. Высокочастотная составляющая анодного тока диода проходит через этот конденсатор и контур, а постоянная составляющая и составляющая низкой частоты через нагрузочное сопротивление R, так как конденсатор C_1 не пропускает постоянный ток и составляющую низкой частоты. На сопротивлении R получается некоторое постоянное напряжение и напряжение звуковой частоты. Последнее через конденсатор C_2 подается к усилителю низкой частоты.

Диод имеет сравнительно небольшое внутреннее сопротивление, которым он шунтирует контур LC, внося в последний значительное затухание. В результате добротность и избирательность контура заметно ухудшаются.

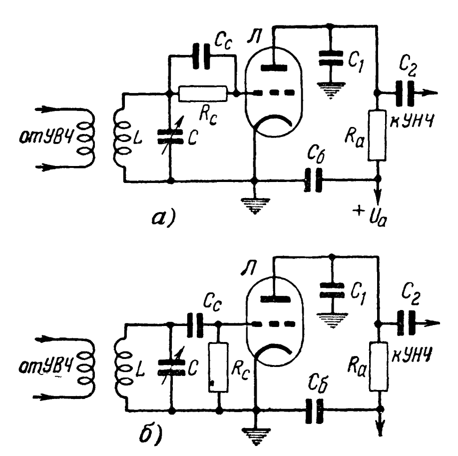
Следует обратить внимание на ту особенность диодного детектора, что он не нуждается в анодном питании. Для его работы необходимо только питание цепи накала.

СЕТОЧНЫЙ ДЕТЕКТОР. Сеточный детектор применяется во всех приемниках прямого усиления.

Две схемы сеточного детектирования приведены на фиг. 3. Детектирование происходит в цепи управляющей сетки совершенно аналогично диодному детектированию. Роль диода выполняет промежуток лампы между управляющей сеткой и катодом, причем управляю-



Фиг. 2. Схемы диодного детектирования.



Фиг. 3. Схемы сеточного детектирования.

щая сетка является как бы анодом диода. Так же как и в схеме диодного детектора, в цепь управляющей сетки включены большое сопротивление R_c и конденсатор C_c.

В схеме фиг. 3,*а* сопротивление R_c включено последовательно с участком сетка — катод и шунтировано конденсатором. Эта схема аналогична последовательной схеме диодного детектора (фиг. 2,*а*).

В схеме фиг. 3,*б* сопротивление R_c включено параллельно промежутку сетка — катод, как в параллельной схеме диодного детектирования (фиг. 2,*б*).

Обычно C_c называют сеточным конденсатором, а R_c — сеточным сопротивлением, сопротивлением утечки или утечкой сетки. Емкость C_c не превышает 100—200 *пф*, а сопротивление имеет величину от одного до нескольких мегом.

В результате детектирования модулированных колебаний в цепи управляющей сетки появляется пульсирующий ток, состоящий из высокой частоты, постоянной составляющей и составляющей низкой частоты. Составляющая высокой частоты проходит через сеточный конденсатор, а две другие составляющие проходят через сопротивление утечки и создают на нем падение напряжения, меняющееся со звуковой частотой. Сеточный ток имеет внутри лампы направление от сетки к катоду, и поэтому выделяющееся на R_c напряжение является отрицательным напряжением смещения для управляющей сетки.

Таким образом, получается меняющееся со звуковой частотой напряжение смещения. Оно действует на анодный ток и в последнем появляются соответствующие пульсации звуковой частоты. Иначе говоря, переменное напряжение звуковой частоты, получившееся на сопротивлении R_c благодаря детектированию в цепи управляющей сетки, усиливается триодом на прямолинейном участке характеристики анодного тока. Одновременно триод усиливает и переменное напряжение высокой частоты, так как оно тоже имеется на управляющей сетке. По существу в сеточном детекторе происходит три процесса: диодное детектирование в цепи управляющей сетки, усиление колебаний низкой частоты и усиление колебаний высокой частоты.

Для правильной работы сеточного детектора рабочая точка должна находиться на прямолинейном участке характеристики анодного тока и на изгибе характеристики сеточного тока.

На схемах фиг. 3 в анодную цепь включено нагрузочное сопротивление R_a, на котором создается усиленное напряжение звуковой частоты. Это напряжение подается для дальнейшего усиления через разделительный конденсатор C_2 к усилителю низкой частоты.

При отсутствии в приемнике усилителя низкой частоты вместо сопротивления R_a включаются телефонные трубки.

В данных схемах усиление колебаний высокой частоты не представляет ничего полезного. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока пропускается мимо R_a через конденсатор C_1 емкостью не более нескольких сот пикофарад, включенный между анодом и катодом.

Необходимо отметить, что у некоторых ламп, например имеющих бариевый катод прямого накала, сеточный ток начинается не при нулевом напряжении на управляющей сетке, а при небольшом положительном напряжении (порядка нескольких десятых долей вольта). Для таких ламп желательно включать сопротивление утечки R_c на плюс батареи накала с тем, чтобы подать некоторый положительный потенциал на управляющую сетку и этим самым сместить рабочую точку в область начала сеточного тока, где характеристика сеточного тока имеет изгиб. У оксидных ламп сеточный ток, наоборот, начинается при небольшом отрицательном напряжении на сетке, и для них желательно R_c включать к минусу накала или просто к катоду в случае подогревной лампы.

Сеточный детектор очень чувствителен к слабым сигналам. Он усиливает их и благодаря этому дает гораздо более громкий прием, чем диодный детектор. Зато сеточное детектирование непригодно для сильных сигналов. Это объясняется, тем, что при сильных сигналах на сопротивлении утечки R_c получается большое отрицательное напряжение смещения, которое сдвигает рабочую точку на характеристике анодного тока влево к нижнему изгибу, и тогда усиление колебаний низкой частоты уменьшает-

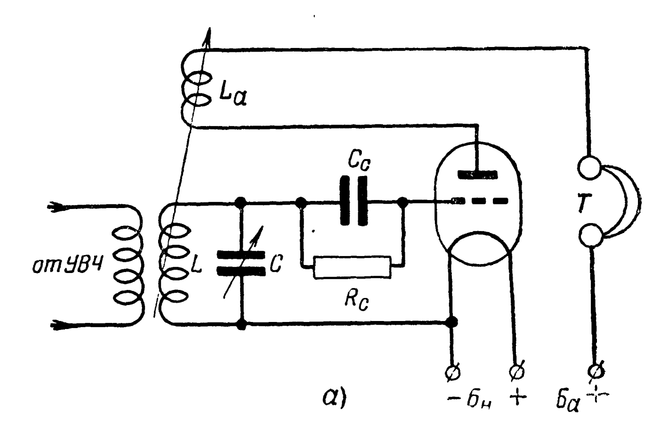
ся и происходит со значительными нелинейными искажениями.

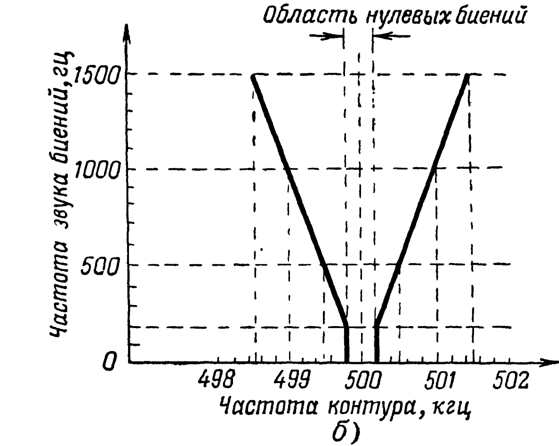
В качестве сеточного детектора могут с успехом применяться не только триоды, но также тетроды и пентоды.

Детекторно-регенеративная ступень[1]

В детекторной ступени современных приемников прямого усиления, как правило, используется явление регенерации, имеющее очень важное значение в технике радиоприема. С этой целью между анодной и сеточной цепями детектора устраивается обратная связь для высокочастотных колебаний. Схема регенеративной детекторной ступени с индуктивной обратной связью дана на фиг. 1,*а*. Обратная связь в приемнике обычно делается переменной с тем, чтобы можно было ее регулировать. Принцип регенерации заключается в следующем. Пульсирующий анодный ток лампового детектора, как известно, состоит из трех составляющих: постоянной, низкочастотной и высокочастотной. Составляющая высокой частоты по форме соответствует принимаемым модулированным колебаниям. В схеме детектора без регенерации эта составляющая не используется, а при наличии катушки обратной связи L_a она проходит через эту катушку и индуктирует в катушке контура L переменное напряжение, соответствующее принимаемым сигналам. Если концы катушек L и L_a включены правильно, то напряжение, индуктируемое в катушке L катушкой обратной связи, будет совпадать по фазе с напряжением сигнала и складываться с ним. В результате переменное напряжение на управляющей сетке лампы возрастет. Но одновременно с этим возрастет и амплитуда высокочастотной составляющей анодного тока, а следовательно, увеличится и напряжение, индуктированное этой составляющей в катушке контура. Значит, напряжение на управляющей сетке еще больше увеличится, что в свою очередь снова даст усиление высокочастотной составляющей анодного тока и увеличение благодаря действию обратной связи переменного напряжения на управляющей сетке и т. д.

Таким образом, благодаря обратной связи произойдет нарастание колебаний, но, конечно, до некоторого предела. При увеличении амплитуды колебаний в контуре LC будут возрастать потери энергии в активном сопротивлении этого контура. Нарастание амплитуды колебаний возможно только до тех пор, пока энергия, добавляемая в контур с помощью обратной связи за счет усиления в лампе (источником этой энергии является анодная батарея), больше, чем потеря энергии в активном сопротивлении контура. Как только потеря энергии возрастет настолько, что станет равна энергии, поступающей из анодной цепи через обратную связь, нарастание амплитуды колебаний прекратится.





Фиг. 1. Детекторно-регенеративная ступень с индкутивной обратной связью и график изменения частоты тока биений при настройке регенератора.

Рассмотренный процесс усиления колебаний высокой частоты получается только при достаточной величине обратной связи, т. е. при достаточно близком расположении катушек L и L_a друг к другу и при правильном их включении. Если катушки включены неправильно, то напряжение, индуктированное в контуре под действием катушки L_a, будет противоположно по фазе напряжению сигнала и поэтому будет ослаблять, а не усиливать колебания в контуре.

При сближении катушек L_a и L, т. е. при увеличении обратной связи, усиление возрастает, но до известного предела, после которо-

[1] И. П. Жеребцов, Радиотехника для радиолюбителей, Связьиздат, 1949.

го возникает генерация собственных колебаний и ступень становится генератором.

Момент возникновения генерации собственных колебаний называют порогом генерации.

Когда приемник генерирует собственные колебания, получается сложение этих колебаний с принимаемыми, и в результате модулированные колебания сильно искажаются. Если принимаются немодулированные, т. е. чисто незатухающие колебания, например несущие колебания в перерыве телефонной передачи, то от сложения этих колебаний и собственных колебаний получаются биения.

Частота биений в регенеративном приемнике зависит от разности между частотами принимаемых и собственных колебаний. При приеме какой-либо определенной станции частота сигнала постоянна, а частота собственных колебаний, как и во всяком генераторе с самовозбуждением, равна частоте контура. Изменяя настройку контура вблизи резонанса, т. е. изменяя разность между частотой сигнала и частотой контура, мы будем изменять частоту биений.

После детектирования биений в анодной цепи получается составляющая с частотой биений, которую можно легко обнаружить на телефон, если она находится в пределах звукового диапазона.

При точной настройке в резонанс с приходящими колебаниями биений не будет, потому что частота собственных колебаний совпадает с частотой сигнала и разность их равна нулю. Этот случай называют нулевыми биениями.

Он играет большую роль в радиотехнических измерениях, так как является показателем точной настройки в резонанс.

Практически нулевые биения получаются также и при некоторой расстройке контура относительно частоты сигнала. Объясняется это тем, что при небольшом отклонении от резонанса приходящие колебания действуют как постороннее возбуждение и заставляют ступень генерировать колебания не с частотой контура, а с частотой сигнала, так что разности в частотах не будет[1]. Поэтому при настройке получается некоторая область нулевых биений, которая тем шире, чем сильнее сигнал. За пределами этой области нулевых биений ступень будет генерировать собственные колебания с частотой, уже не равной частоте сигнала, и тогда возникнут биения звуковой частоты, слышимые в телефоне в виде музыкального тона (свиста). Чем больше расстройка контура относительно частоты сигнала, тем больше разность в частотах и тем выше тон биений. При значительной расстройке частота биений выходит уже за пределы слышимых звуковых частот.

Таким образом, при настройке контура приемника с обратной связью, работающего в режиме генерации, всегда наблюдаются характерные звуки. Подход к резонансу сопровождается возникновением высокого звука (свиста), постепенно понижающегося и, наконец, обрывающегося на некотором низком тоне около точного резонанса (нулевые биения). При дальнейшем изменении настройки после прохождения резонанса явление повторяется в обратном порядке, т. е. возникает низкий тон, который по мере удаления от резонанса повышается, переходя в свист, и, наконец, становится неслышимым.

Графически это показано на фиг. 1,*б*, на которой по вертикальной оси отложена частота звука биений, а по горизонтальной оси — частота контура генерирующего приемника. Для примера на этом графике частота сигнала взята 500 *кгц*. Биения звуковой частоты в данном случае возникают только при расстройке не меньше чем на 200 *гц*, относительно резонанса, и таким образом, ширина области нулевых биений составляет 400 *гц*.

Режим порога генерации нельзя применять для приема телефонных передач, так как тогда возможно возникновение собственных колебаний и свист биений будет сильно мешать, делая телефонную передачу неразборчивой и искаженной. Правда, возможен прием телефонных сигналов в области нулевых биений, но при малейшем изменении частоты могут возникнуть биения и испортить прием. Поэтому телефонную передачу всегда принимают при величине обратной связи несколько меньшей, чем у порога генерации.

Зато режим генерации необходим для приема незатухающих телеграфных сигналов. Без генерации в телефоне будут слышны лишь щелчки, но звукового тона сигналов не получится.

При наличии генерации в результате биений в телефоне получается прием сигналов телеграфной азбуки в виде звукового тона. Изменяя настройку контура генерирующего приемника, можно менять этот тон и подобрать его наиболее приятным для приема на слух. Радиотелеграфист обычно устанавливает частоту биений около 1 000 *гц*, так как ухо наиболее чувствительно к этой частоте.

Очевидно, что при этом контур должен быть расстроен на 1 000 *гц* в ту или другую сторону относительно частоты сигнала. Таким образом, режим наиболее громкого приема телефонных сигналов получается, чуть-чуть не доходя до

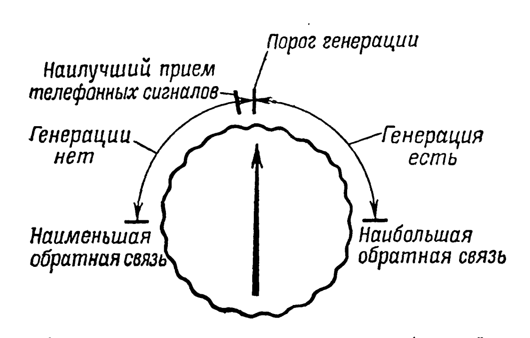
[1] Это явление называют иногда захватыванием или увлечением, или принудительной синхронизацией.

порога генерации, а режим хорошего приема незатухающих телеграфных сигналов получается за порогом генерации, причем сильно увеличивать обратную связь не следует, так как при большой амплитуде собственных колебаний громкость телеграфных сигналов уменьшается. Все это наглядно показано на фиг. 2, на которой даны положения ручки обратной связи для порога генерации и для случая наилучшего приема телефонных сигналов.

Схема фиг. 1 применяется теперь редко. Ее недостаток заключается в том, что перемещение катушки обратной связи L_a в магнитном поле катушки контура L сильно влияет на индуктивность и емкость контура, изменяя его частоту. Это затрудняет настройку приемника и не позволяет проградуировать его шкалу по частоте или длине волны.

Гораздо удобнее схема регенератора с регулировкой обратной связи конденсатором переменной емкости. Одна из таких схем показана на фиг. 3,*а*. В этой схеме постоянная составляющая и составляющая звуковой частоты анодного тока проходят в анодное нагрузочное сопротивление R_a через анодный дроссель *Др*, заграждающий путь высокочастотной составляющей; составляющая же высокой частоты идет через катушку обратной связи L_a с последовательно включенным конденсатором переменной емкости C_a, которым можно регулировать обратную связь.

Катушки L_a и L располагаются неподвижно одна относительно другой. При увеличении емкости C_a возрастает ток высокой частоты в катушке L_a и обратная связь усиливается. Конденсатор обратной связи C_a имеет емкость 200—500 *пф* и может быть с твердым диэлектриком. Иногда последовательно с ним включают постоянный конденсатор на 1 000—2 000 *пф* как предохранительный на случай замыкания пластин в C_a. Катушка L_a обычно имеет число витков в несколько раз меньше, чем у контурной катушки, и может быть намотана из любого даже очень тонкого провода. Если катушки L_a и L намотаны на одном каркасе, то для уменьшения паразитной емкости между анодом и управляющей сеткой следует их наиболее удаленные друг от друга концы включать к аноду (у L_a) и к управляющей сетке (у L).



Фиг. 2. Различные положения ручки обратной связи.

Фиг. 3. Схемы регенеративной ступени с регулировкой обратной связи.
а — с конденсатором переменной емкости; *б* — с потенциометром.

Чтобы обратная связь не получалась слишком сильной, рекомендуется между анодом и катодом лампы включить конденсатор небольшой емкости (30—100 *пф*). Тогда ток высокой частоты частично ответвляется через этот конденсатор и не проходит полностью в катушку L_a.

Дроссель высокой частоты *Др* должен иметь несколько сот витков и обладать возможно меньшей собственной емкостью; обычно для этого его обмотку делают секционированной.

Вместо триодов в детекторно-регенеративной ступени часто применяются тетроды и особенно пентоды, дающие значительно большее усиление. Регулирование обратной связи при применении тетрода или пентода может осуществляться посредством конденсатора переменной емкости по схеме фиг. 3,*а*. Еще лучшим способом является регулирование обратной связи путем изменения напряжения на экранной сетке с помощью потенциометра R (фиг. 3,*б*). Такой способ дает наименьшее влияние изменения обратной связи на настройку контура.

Для хорошей работы регенератора важно, чтобы обратная связь регулировалась очень плавно, так как только при этих условиях величину связи можно доводить почти до самого порога генерации и таким путем получать максимальное усиление. В случае «мягкого» (плавного) подхода к порогу генерации возник-

шая генерация при уменьшении обратной связи обрывается так же плавно и при том же самом значении величины связи, при каком она возникла. Порог генерации получается один, вполне определенный и устойчивый. Поэтому дальние станции можно принимать устойчиво у самого порога генерации, когда усиление получается наибольшее.

В противоположность этому иногда наблюдается «жесткий» (резкий) подход к порогу генерации, или так называемое *затягивание генерации*. При нем не удается подойти близко к порогу генерации. Еще до получения режима с максимальным усилением генерация возникает резко, «щелчком», а при уменьшении обратной связи генерация затягивается и затем также резко, «щелчком», обрывается при гораздо меньшем значении обратной связи, чем то, при котором она возникла. Получаются как бы два неустойчивых порога генерации. Поэтому принимать далекие и слабые станции с наибольшим усилением у самого порога невозможно.

Для устранения жесткого подхода к генерации необходимо уменьшить анодное напряжение на детекторной лампе и тщательно подобрать величину сеточного сопротивления (утечки сетки). Плавность подхода к генерации зависит от положения рабочей точки на характеристике анодного тока. Необходимо, чтобы она была на участке наибольшей крутизны, т. е. на прямолинейном участке. Отсюда между прочим следует, что при анодном детектировании применять регенерацию нецелесообразно, так как рабочая точка в этом случае находится на нижнем изгибе.

Помимо подбора величины R_c для получения плавного подхода к генерации и обеспечения наилучших условий детектирования в батарейном приемнике следует пробовать включать R_c на плюс или на минус батареи накала. Обычно включение на минус дает более плавный подход к генерации, но зато включение на плюс дает более громкую слышимость. Для подбора наилучшего режима детектирования и регенерации можно также включить R_c на движок потенциометра, соединенного с концами нити, и подобрать наивыгоднейшее положение рабочей точки.

Сеточный детектор, как мы знаем, является одновременно и детектором и усилителем низкой частоты. При наличии регенерации он, кроме того, дает большое усиление высокой частоты. Чувствительность регенеративного приемника поэтому очень велика особенно к слабым сигналам. Чем слабее принимаемый сигнал, тем больше усиление, даваемое регенератором. Для слабых сигналов усиление детекторно-регенеративной ступени доходит до нескольких тысяч, а для сигналов близких мощных станций, которые слышны громко и без обратной связи, усиление за счет регенерации получается малым.

Избирательность тоже значительно увеличивается от применения регенерации. У порога генерации она становится особенно высокой, а полоса пропускаемых частот весьма заметно суживается, так что при настройке точно в резонанс слышимость становится глухой из-за срезания крайних боковых частот, которыми передаются высокие звуки. Однако все же мощные близкие станции слышны в большом диапазоне настройки регенератора и сильно мешают приему других станций, особенно слабых и далеких. Эти недостатки регенератора устраняются применением ступеней усиления высокой частоты.

Необходимость ступени усиления высокой частоты диктуется еще одним довольно неприятным свойством регенеративного приемника. В режиме генерации он фактически превращается в маломощный передатчик и излучает через антенну радиоволны, которые принимаются соседними приемниками и создают в них помехи в виде свистов, завываний и т. д. Такое паразитное излучение регенератора совершенно недопустимо, и для его устранения *обязательно* наличие в приемнике ступени усиления высокой частоты. Тогда колебания, генерируемые в детекторной ступени, не смогут пройти в антенну.

В последнее время приемники прямого усиления с обратной связью применяются все меньше и меньше, что объясняется следующими причинами.

Для того чтобы построить приемник прямого усиления, обладающий большой чувствительностью и высокой избирательностью, нужно увеличить в нем число ступеней усиления высокой частоты. Но тогда даже при тщательной экранировке трудно избавиться от паразитной генерации. Большое число резонансных контуров чрезвычайно удорожает приемник, усложняет его конструкцию и настройку. Для осуществления одноручечной настройки можно подогнать в резонанс два-три контура, настраивающихся с помощью агрегата конденсаторов переменной емкости, но сделать это для большего числа контуров очень трудно. Кроме того, ступени усиления высокой частоты, работающие на радиовещательном диапазоне или на диапазоне коротких волн, дают сравнительно малое усиление, так как сопротивление анодного контура получается во много раз меньше внутреннего сопротивления лампы. Приемник прямого усиления нелегко настраи-

вать: необходимо одновременно вращать ручку настройки и ручку обратной связи: далекие и маломощные станции можно принимать только при установке обратной связи у самого порога генерации, что требует от настраивающего лица большого опыта.

Все эти недостатки почти полностью устраняются в приемнике с преобразованием частоты, т. е. в супергетеродине.

Иногда обратную связь применяют и в супергетеродинном приемнике. В этом случае детектор не может, конечно, быть диодным, а должен быть построен на триоде или пентоде, и тогда в супергетеродине появляется несколько необычная для него ручка обратной связи.

Работа обратной связи в детекторной ступени супергетеродина аналогична работе обратной связи в приемнике прямого усиления. Помимо возможности приема телеграфных сигналов, обратная связь дает также некоторое усиление телефонных сигналов, особенно если они слабы.

Усилители низкой частоты[1]

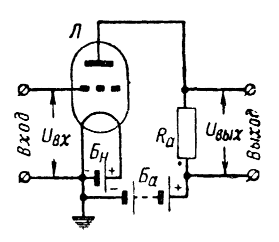
В наиболее полном виде теория усилителей была разработана в Советском Союзе трудами А. И. Берга, Г. В. Войшвилло, Г. С. Цыкина, А. А. Ризкина и многих других ученых.

В усилителях крайне редко удовлетворяются одной ступенью усиления, состоящей обычно из одной лампы и связанных с нею элементов схемы.

Первая ступень усилителя, соединяемая с источником усиливаемой энергии, называется *входной*. Последняя ступень усилителя, работающая на нагрузку, называется *выходной*. Остальные ступени носят название *промежуточных*.

Ряд типов усилителей предназначается только для усиления подводимого к ним напряжения, причем выделяемая при этом усилителем мощность не играет существенной роли. Такие усилители называются *усилителями напряжения*. К ним относятся, например, микрофонные, предварительные студийные, предварительные трансляционные и измерительные усилители.

Часть типов усилителей предназначена, наоборот, для выделения в нагрузке определенной мощности. К ним относятся выходная ступень радиоприемника, оконечные усилители радиотрансляционных узлов, оконечные студийные усилители и оконечные усилители установок для усиления речей ораторов. Они не могут работать непосредственно от напряжения, развиваемого многими источниками электрических колебаний звуковой частоты, и требуют подачи на вход напряжения от предварительного усилителя. Поэтому все предварительные усилители являются усилителями напряжения.



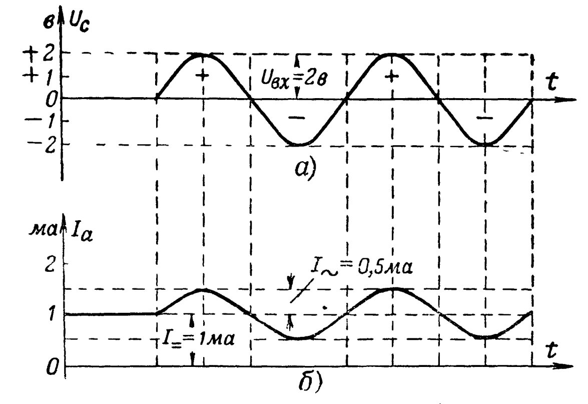
Фиг. 1. Схема усилительной ступени.

Рассмотрим процесс усиления электрических колебаний с помощью триода.

СХЕМА УСИЛИТЕЛЬНОЙ СТУПЕНИ. Простейшая схема усилителя с одной лампой показана на фиг. 1. Такой усилитель называется ступенью усиления. Основными частями усилительной ступени являются: лампа *Л*, источники питания $Б_н$ и $Б_а$ и нагрузочное анодное сопротивление R_a, включенное последовательно в анодную цепь.

Источник того переменного напряжения $U_{вх}$, которое нужно усилить, присоединяется к управляющей сетке и катоду лампы. Поэтому управляющую сетку и катод называют входом усилительной ступени.

Переменное напряжение, поступающее на управляющую сетку, вызывает пульсации анодного тока. Объясняется это тем, что за время действия положительного полупериода напряжения на управляющей сетке анодный ток лампы увеличивается, а за время отрицательного полупериода — уменьшается, как показано на фиг. 2. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. Проходя через нагрузочное сопротивление R_a, анодный ток создает на нем пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если



Фиг. 2. Графики напряжения на сетке (*а*) и анодного тока (*б*) в усилительной ступени.

[1] По разным источникам.

нагрузочное сопротивление R_a имеет достаточно большую величину, то получающееся на нем переменное напряжение $U_{вых}$ будет значительно больше переменного напряжения $U_{вх}$, поданного на управляющую сетку, т. е. получится усиление. Зажимы сопротивления R_a называют выходом усилительной ступени.

КОЭФФИЦИЕНТ УСИЛЕНИЯ СТУПЕНИ. Важной величиной, характеризующей работу усилительной ступени, является коэффициент усиления ступени, обозначаемый буквой K.

Этот коэффициент показывает, во сколько раз данная ступень усиливает переменное напряжение, подводимое к сетке лампы.

Для определения величины коэффициента усиления ступени нужно разделить выходное напряжение $U_{вых}$ на входное напряжение $U_{вх}$. Таким образом, можно написать:

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

Если, например, от детектора в цепь сетки первой лампы усилителя поступает переменное напряжение низкой частоты с амплитудой 0,1 *в*, а в цепи сетки второй лампы усилителя нужно получить переменное напряжение с амплитудой 7 *в*, то коэффициент усиления первой ступени должен быть $\frac{7}{0,1} = 70$.

Чем больше анодное нагрузочное сопротивление R_a, тем большее выделяется на нем напряжение $U_{вых}$ и, следовательно, тем больше коэффициент усиления ступени.

Коэффициент усиления всего усилителя K зависит от коэффициента усиления его отдельных ступеней. Если обозначить их через K_1, K_2, K_3 и т. д., то можно написать:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3.$$

Например, если усилитель имеет три ступени с коэффициентами усиления $K_1 = 20$, $K_2 = 20$ и $K_3 = 5$, то общий коэффициент усиления всего усилителя будет $K = 20 \cdot 20 \cdot 5 = 2\,000$.

Это значит, что если на вход этого усилителя подать напряжение $U_{вх} = 10$ *мв* $= 0,01$ *в*, то на выходе получится усиленное напряжение $U_{вых} = 2\,000 \cdot 0,01 = 20$ *в*.

ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ. Второй величиной, характеризующей усилитель, является выходная мощность $P_{вых}$. Это—мощность того переменного тока низкой частоты, который усилитель создает в выходной нагрузке, т. е. в тех громкоговорителях, которые включены на его выходе. В маломощных усилителях $P_{вых}$ составляет доли ватта, в усилителях средней мощности $P_{вых}$ равно единицам или десяткам ватт, а усилители большой мощности имеют выходную мощность от сотен ватт до нескольких киловатт.

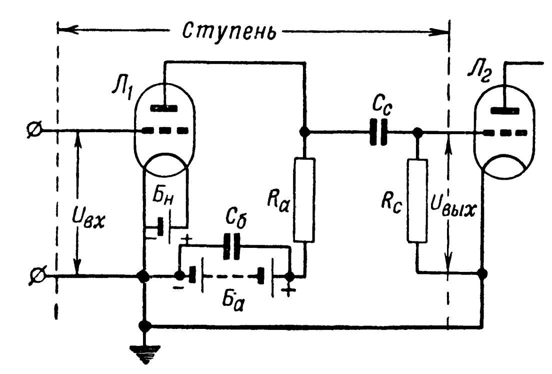
Величина выходной мощности всегда указывается для усилителя, работающего в нормальных условиях, т. е. когда на его вход подается нормальное напряжение. Каждый усилитель может развивать мощность больше нормальной, но такой случай называют перегрузкой. При работе с перегрузкой увеличиваются искажения и, кроме того, повышенные напряжения в цепях последней ступени усилителя могут привести к аварии (пробой конденсаторов или изоляции в трансформаторах, выход из строя ламп).

ДИАПАЗОН ЧАСТОТ. Усилитель обычно бывает рассчитан на усиление колебаний в определенном диапазоне частот.

В зависимости от назначения усилителя этот диапазон может быть более широким или узким. Усилители, применяющиеся только для усиления колебаний разговорной речи, имеют сравнительно узкий диапазон воспроизводимых частот, примерно 200 ÷ 2 000 *гц*, а усилители, предназначенные для художественных передач, должны усиливать возможно более широкий диапазон частот, например 50 ÷ 10 000 *гц*. Чем шире диапазон частот, нормально пропускаемых усилителем, тем натуральнее будет звучать воспроизводимая передача.

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЯХ. Наиболее распространенной схемой усиления колебаний низкой частоты является схема усилителя на сопротивлениях, в которой нагрузочное анодное сопротивление R_a представляет собой обычное активное сопротивление.

На фиг. 3 показаны схема одной ступени усилителя на сопротивлениях и способ соеди-



Фиг. 3. Усилитель низкой частоты на сопротивлениях.

нения ее с управляющей сеткой лампы следующей ступени.

Ранее как раз и рассматривался принцип работы именно такой усилительной ступени (см. фиг. 1).

Переменное напряжение здесь подается для усиления на управляющую сетку первой лампы $Л_1$. Это напряжение обозначено $U_{вх}$. Анодный ток первой лампы становится пульсирующим; его постоянная составляющая проходит через анодную батарею $Б_а$, а переменная составляющая — через блокировочный конденсатор $C_б$, шунтирующий эту батарею.

На нагрузочном сопротивлении R_a под действием переменной составляющей анодного тока выделяется усиленное переменное напряжение. Это напряжение для его дальнейшего усиления подают на управляющую сетку следующей лампы $Л_2$.

Таким образом, усилитель на сопротивлениях является всегда предварительной ступенью, а не оконечной. Однако нельзя подать переменное напряжение с сопротивления R_a непосредственно к сетке и катоду следующей лампы, так как тогда на сетку лампы $Л_2$ попадет положительный полюс высокого напряжения, что совершенно недопустимо. Поэтому переменное напряжение всегда подается на следующую ступень усилителя через сеточный конденсатор C_c, называемый обычно *переходным* или *разделительным конденсатором*. Он изолирует сетку лампы $Л_2$ от высокого постоянного напряжения анодной батареи, но свободно пропускает переменное напряжение.

Вместе с таким сеточным конденсатором обязательно включается еще и сеточное сопротивление R_c, называемое *сопротивлением утечки сетки*. Без этого сопротивления лампа не может нормально работать. Объясняется это тем, что в течение действия на сетку каждого положительного полупериода напряжения она заряжается положительно и поэтому притягивает к себе некоторое количество электронов, летящих через нее к аноду. Для этих осевших на сетке электронов надо создать свободный путь к катоду лампы. В противном случае через небольшой промежуток времени отрицательный заряд на сетке лампы возрастет настолько, что лампа «запрется», т. е. перестанет работать. Сопротивление R_c утечки сетки и служит тем путем, по которому электроны стекают обратно к катоду лампы.

Лампа может запереться даже и в том случае, когда на управляющую ее сетку не поступает переменное напряжение, так как и тогда некоторая часть электронов, летящих к аноду, будет оседать на сетке и не сможет возвращаться к катоду лампы. При наличии же сеточного сопротивления R_c электроны свободно «стекают» по нему обратно к катоду, образуя в цепи сетки лампы $Л_2$ сеточный ток.

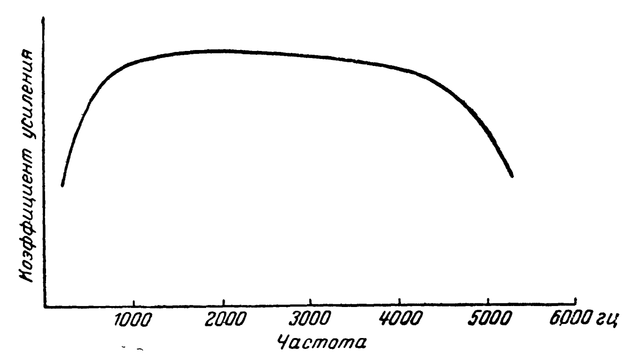
Таким образом, переменное напряжение с анодного (верхнего на фиг. 3) конца сопротивления R_a подается на сетку лампы $Л_2$ через конденсатор C_c, а с другого (нижнего) конца этого сопротивления к катоду этой лампы через блокировочный конденсатор $C_б$. Это переменное напряжение, подводимое к управляющей сетке второй лампы, является выходным напряжением первой ступени $U_{вых}$.

Детали C_c и R_c при рассмотрении работы усилительной ступени принято считать входящими в состав анодного нагрузочного сопротивления этой ступени (дополнительно к R_a).

ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСИЛИТЕЛЯ. Всякий усилитель низкой частоты предназначен для усиления колебаний не какой-нибудь одной определенной частоты, а всех частот, лежащих в пределах диапазона звуковых колебаний. Поэтому, изучая качества усилителя, необходимо не только определить, какое усиление он может дать при определенной частоте, но и выяснить также, как зависит величина этого усиления от частоты усиливаемых колебаний.

Если подводить к усилителю напряжения вполне определенной амплитуды, но разной частоты и одновременно измерять те напряжения, которые дает усилитель на выходе, то можно определить коэффициент усиления, даваемый данным усилителем при той или другой частоте усиливаемых колебаний. Результаты этих измерений можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси частоты усиливаемых колебаний, а по вертикальной — усиление, даваемое усилителем на этих частотах. В результате получим так называемую *частотную характеристику усилителя*, по которой можно судить о равномерности усиления при разных частотах. Примерная частотная характеристика усилителя низкой частоты приведена на фиг. 4.

От усилителя, предназначенного для усиления целой полосы частот, требуется, чтобы он примерно одинаково усиливал колебания всех частот, лежащих в этой полосе. Это значит, что частотная характеристика хорошего усилителя должна иметь вид прямой или почти прямой горизонтальной линии. В противном случае усилитель будет работать неудовлетворительно. Непрямолинейность частотной характеристики свидетельствует о том, что звуки разной частоты усиливаются неравномерно, т. е. что



Фиг. 4. Частотная характеристика усилителя.

усилитель искажает передачу. Искажения, получающиеся из-за неравномерности усиления на разных частотах, носят название *частотных искажений*. Следовательно, усилитель низкой частоты с непрямолинейной частотной характеристикой вносит в передачу частотные искажения.

Конечно, нельзя построить усилитель, который обладал бы абсолютно прямолинейной частотной характеристикой, так как влияние паразитных емкостей между отдельными элементами схемы сказывается тем сильнее, чем больше частота усиливаемых колебаний. Если считать, что величина этих паразитных емкостей составляет несколько десятков пикофарад, то эти емкости будут представлять для средних частот звукового диапазона сравнительно большие сопротивления, порядка нескольких миллионов ом, и следовательно, они не будут сколько-нибудь заметно понижать коэффициент усиления. Однако для наиболее высоких частот звукового диапазона сопротивление этих паразитных емкостей понижается уже до сотен тысяч ом и, следовательно, может оказаться одного порядка со значением сопротивлений, применяемых обычно в анодных цепях усилителя. Поэтому усилитель низкой частоты на сопротивлениях в области высоких частот имеет спадающую частотную характеристику («завал» на высоких частотах).

С другой стороны, при усилении самых низких частот звукового диапазона начинает заметно сказываться влияние сопротивления переходной емкости, которое становится сравнительно большим для таких низких частот. Поэтому на очень низких частотах усилитель на сопротивлениях дает тоже малое усиление («завал» на низких частотах).

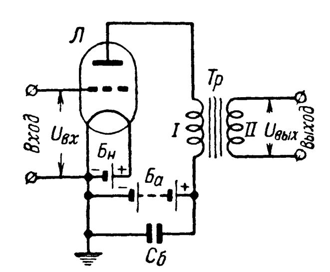
Итак, наиболее высокие и низкие частоты звукового диапазона будут усиливаться сравнительно мало, в средней же части звукового диапазона колебания всех частот будут усиливаться примерно в одинаковой степени.

Устранение частотных искажений, которые возникают вследствие неравномерного усиления колебаний различных частот, достигается в усилителе низкой частоты на сопротивлениях простыми средствами — правильным выбором электрических величин деталей схемы и рациональным ее выполнением. Во всех же других типах усилителей низкой частоты достигнуть совершенно равномерного усиления всех частот чрезвычайно трудно. Поэтому по сравнению со всеми другими видами усилителей усилитель низкой частоты на сопротивлениях по праву может считаться «неискажающим усилителем». В этом заключается основное достоинство усилителя на сопротивлениях. Но такой усилитель обладает и весьма существенным недостатком: он обладает небольшим усилением. Коэффициент усиления усилителя низкой частоты на сопротивлениях всегда меньше произведения коэффициентов усиления всех примененных в нем ламп. Между тем, усилитель на трансформаторах может иметь коэффициент усиления, превышающий коэффициент усиления применяемой лампы.

ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Схема трансформаторного усилителя показана на фиг. 5. Первичная обмотка *I* трансформатора низкой частоты *Тр* включена в анодную цепь лампы *Л* в качестве нагрузочного сопротивления, а на вторичной его обмотке *II* получается усиленное переменное напряжение, которое следует считать выходным напряжением данной ступени.

Если это напряжение подается на следующую ступень усиления, то трансформатор *Тр* называют *междуламповым*, так как он связывает предыдущую лампу с последующей; если же трансформаторный усилитель является оконечной ступенью, то трансформатор называют *выходным* и к его вторичной обмотке подключают телефон или громкоговоритель.

В усилителях применяются междуламповые трансформаторы с отношением числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки от 1 : 1 до 1 : 4. Число витков первичной обмотки бывает равно нескольким ты-



Фиг. 5. Схема трансформаторного усилителя.

сячам (от 2 000 до 5 000). Первичная обмотка обладает малым сопротивлением для постоянного тока, и поэтому можно считать, что напряжение на аноде лампы равно напряжению анодной батареи.

Главным достоинством трансформаторного усилителя является высокий коэффициент усиления ступени, который может быть даже больше коэффициента усиления μ лампы, что невозможно в других типах усилителей. Это объясняется тем, что переменное напряжение повышается не только за счет усилительных свойств лампы, но и самим трансформатором, если он повышающий.

Другим преимуществом трансформаторной ступени усиления следует считать то, что в схеме отсутствует переходной конденсатор, в котором может быть утечка. Хорошая изоляция цепи управляющей сетки каждой лампы от анодной цепи предыдущей лампы обеспечивается тем, что обмотки трансформатора надежно изолированы друг от друга.

Междуламповый трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1, не дающий повышения напряжения, иногда применяется только для того, чтобы передать переменное напряжение к следующей ступени и предохранить последнюю от постоянного напряжения.

Недостатком трансформаторного усилителя является то, что он создает большие искажения, чем усилитель на сопротивлениях.

Выходная ступень[1]

Ступени предварительного усиления всегда работают на следующую ступень. Создаваемые ими напряжения подаются на сетку следующей лампы для управления ее анодным током. Для этого нужны достаточно большие напряжения, но не требуется сколько-нибудь значительной мощности. Поэтому задача предварительных ступеней заключается в усилении напряжения, т. е. в том, чтобы на выходе усилителя получить возможно большее напряжение. Для этого в анодных цепях применяют сопротивления (активные или индуктивные), величина которых по крайней мере в несколько раз превосходит внутреннее сопротивление для триодов.

Однако не всегда задача усилителя сводится к тому, чтобы получить на выходе максимальное напряжение. В том случае, когда лампа является оконечной и в ее анодную цепь включен телефон или громкоговоритель, задача усилителя оказывается несколько иной. Он должен выделить во внешней цепи (например, громкоговорителе) не наибольшие напряжения, а наибольшую мощность, так как громкость звука зависит, в конечном счете, от той мощности, которая подводится к громкоговорителю. Для наилучшего выполнения этой задачи наше прежнее условие (внешнее сопротивление значительно больше внутреннего) уже окажется неверным.

Подробное рассмотрение этого вопроса показывает, что наибольшая мощность, которая может быть получена при достаточно малых искажениях, так называемая неискаженная мощность, выделится во внешней цепи совсем при иных условиях, а именно, когда сопротивление внешней нагрузки переменному току есть величина такого же порядка, как внутреннее сопротивление лампы.

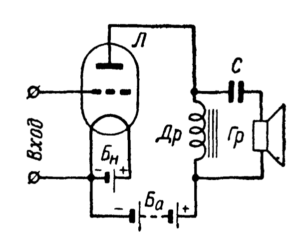
Таким образом, телефон или громкоговоритель должен обладать достаточно большим сопротивлением. Обмотка электромагнита громкоговорителя или телефона должна иметь большое число витков, — громкоговоритель или телефон должны быть «высокоомными».

В «низкоомном» телефоне или громкоговорителе, имеющем мало витков в обмотке электромагнита и включенном непосредственно в анодную цепь лампы, будет выделяться очень незначительная мощность (вследствие несоответствия друг другу сопротивлений громкоговорителя и лампы), и громкоговоритель будет работать плохо. Такие низкоомные громкоговорители следует включать в анодную цепь оконечной лампы не непосредственно, а через выходной трансформатор, имеющий большое число витков в первичной обмотке и малое во вторичной. Такой трансформатор является для оконечной лампы подходящей нагрузкой, так как со стороны первичной обмотки его сопротивление достаточно велико, а вторичная обмотка с малым числом витков обладает малым внутренним сопротивлением, что как раз выгодно для работы на низкоомный громкоговоритель.

Все низкоомные громкоговорители независимо от их типа (электромагнитные, динамические и т. д.) должны включаться не непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, а через понижающий выходной трансформатор. Чтобы можно было наивыгоднейшим образом подобрать внутреннее сопротивление вторичной обмотки выходного трансформатора к сопротивлению громкоговорителя (в случае применения различных типов громкоговорителей), вторичная обмотка выходного трансформатора часто делается секционированной.

---

[1] С. Кин, Азбука радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 1. Дроссельный выход приемника.

Высокоомные громкоговорители хотя и можно с точки зрения выделения наибольшей энергии включать непосредственно в анодную цепь оконечной лампы, но часто это бывает нецелесообразно по другой причине. При непосредственном включении громкоговорителя в анодную цепь через обмотку громкоговорителя проходит весь постоянный анодный ток лампы, который нагревает обмотку, создает добавочное подмагничивание и т. д. Между тем для работы громкоговорителя этот постоянный анодный ток совсем не нужен, так как громкоговоритель приводится в действие только переменной составляющей анодного тока. Чтобы не перегружать громкоговоритель постоянным током, для включения высокоомных громкоговорителей иногда также пользуются выходным трансформатором, но в этом случае трансформатор имеет примерно одинаковое число витков в первичной и вторичной обмотках.

Вместо выходного трансформатора для той же цели применяется так называемый дроссельный выход (фиг. 1). Обмотка громкоговорителя *Гр* включается в анодную цепь лампы через конденсатор *С*, который не пропускает в обмотку постоянной составляющей анодного тока. Чтобы создать путь для постоянной составляющей анодного тока (без чего лампа не могла бы работать), включается дроссель низкой частоты *Др*. Индуктивное сопротивление этого дросселя должно быть достаточно велико, чтобы в него не ответвлялись сколько-нибудь заметно переменные токи, питающие громкоговоритель.

Так как оконечная лампа должна выделять в анодной цепи значительную мощность, то она должна допускать высокие анодные напряжения и давать значительные анодные токи. Мощность, которая должна быть подведена от источника анодного напряжения к оконечной лампе, должна быть в 5—10 раз больше той мощности, которую нужно выделить в анодной цепи, т. е. которую потребляет громкоговоритель.

В данных об оконечных лампах помимо указаний о той мощности, которая к лампе может быть подведена, часто указывается и та неискаженная мощность, которую лампа может отдать. Эта мощность во всяком случае должна быть не меньше той, которая необходима для нормальной работы громкоговорителя.

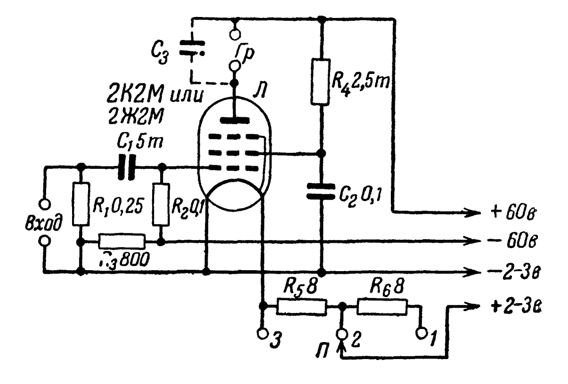
Усилители к детекторному приемнику[1]

ОДНОЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Принципиальная схема однолампового усилителя на лампе 2К2М (или 2Ж2М) приведена на фиг. 1. В нем довольно много деталей, однако все они совершенно необходимы с точки зрения экономии источников питания. Сопротивление R_1 присоединяется параллельно телефонным гнездам приемника и служит нагрузкой для детектора. Конденсатор C_1 предохраняет детектор от попадания на него постоянного напряжения, образующегося на сопротивлении R_3 за счет прохождения через него анодного тока. Это напряжение через сопротивление R_2 подается на сетку лампы. Оно в значительной степени снижает анодный ток, потребляемый лампой.

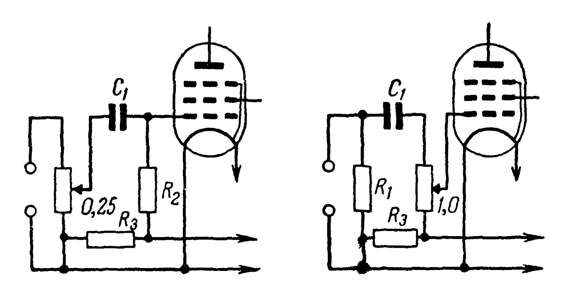
Сопротивление R_4 служит для понижения напряжения на экранной сетке лампы. Лампа 2К2М имеет густую экранную сетку; поэтому, если подать на нее полное анодное напряжение, как это иногда делается, то экранный ток лампы будет слишком велик, и на его создание будет бесполезно расходоваться энергия анодной батареи. Конденсатор C_2 является блокировочным.

В усилителе обязательно должна быть предусмотрена регулировка напряжения накала лампы. Дело в том, что для питания накала лампы недостаточно напряжения одного сухого элемента. Поэтому приходится соединять два элемента последовательно. А напряжение двух элементов, особенно в первый период их разряда, намного превышает необходимые 2 *в*. Чтобы погасить излишек напряжения (перекал крайне вреден для лампы), приходится вводить в цепь накала лампы дополнительное сопротивление. По мере израсходования батареи ее напряжение будет падать; следовательно, должна

[1] Б. Хитров, Усилитель к детекторному приемнику, «Радио», 1948, № 12.



Фиг. 1. Схема однолампового усилителя.



Фиг. 2. Схемы регулировки громкости.

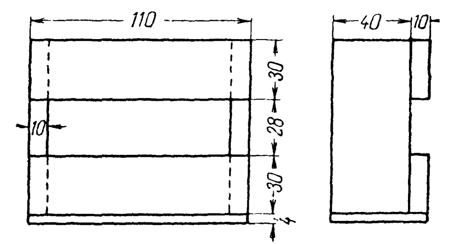
уменьшаться и величина дополнительного сопротивления, а это значит, что сопротивление должно быть переменным. Величина его может изменяться плавно (как это делается в реостатах накала) или скачками. В усилителе по схеме фиг. 1 последовательно в цепь накала могут быть введены два сопротивления R_5 и R_6 или одно сопротивление R_5. Наконец, лампа может питаться непосредственно от батареи.

Гнезда *Гр* предназначены для включения громкоговорителя электромагнитного типа, например типа «Рекорд». Конденсатор C_3, показанный пунктиром, не всегда оказывается нужным. Радиолюбитель должен сам установить, требуется конденсатор C_3 или нет. Емкость этого конденсатора обычно должна быть равна 2 000—5 000 *пф*.

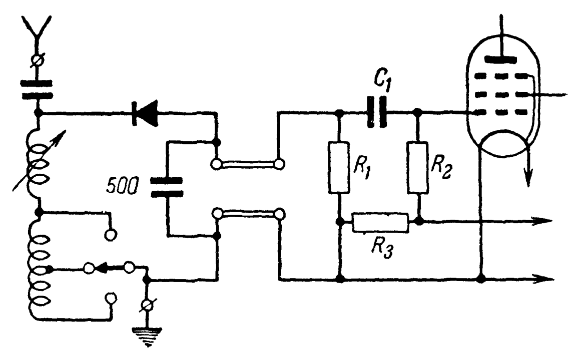
В одноламповом усилителе нет необходимости иметь регулятор громкости. Если все же радиолюбитель захочет его поставить, то это можно сделать по одной из схем, приведенных на фиг. 2.

Усилитель смонтирован на шасси из фанеры. Размеры шасси приведены на фиг. 3.

Ламповая панелька укрепляется между двумя планками. На левой боковой стенке смонтированы входные гнезда и на правой стенке — гнезда для громкоговорителя. На передней планке находятся три гнезда для включения штепселя накала лампы. В зависимости от того, в какое гнездо вставляется штепсель, в цепь накала вводится то или иное сопротивление. Для выключения усилителя штепсель вставляется в четвертое (самое правое) отверстие, в котором нет гнезда. Питание к усилителю подводится при помощи четырехпроводного шнура.



Фиг. 3. Шасси одноламнового усилителя.



Фиг. 4. Присоединение усилителя к приемнику.

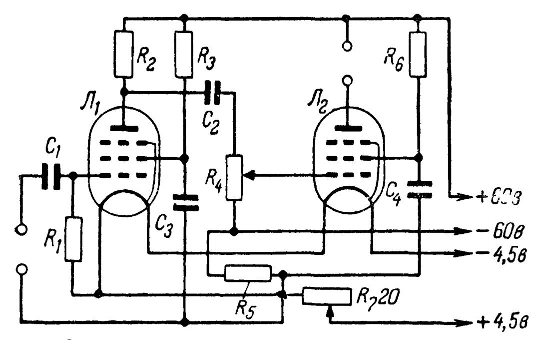
Никакого налаживания усилитель не требует. При первом включении рекомендуется сначала присоединить батарею накала и убедиться, что нить лампы накаливается, а затем уже присоединить анодную батарею. Это предохранит лампу от порчи в случае ошибки в монтаже.

Перед тем как соединить усилитель с детекторным приемником, надо посмотреть, какой конденсатор припаян параллельно телефонным гнездам приемника. Если емкость этого конденсатора больше 1 000 *пф*, то его необходимо заменить конденсатором емкостью около 500 *пф*. Затем телефонные гнезда приемника соединяются с входными гнездами усилителя, как показано на фиг. 4, причем то гнездо приемника, которое соединено с детектором, подключается к сеточному гнезду усилителя.

Для питания усилителя требуется одна батарея типа БАС-60 и два элемента типа 3С. Элементы соединяются между собой последовательно. В начале работы в цепь накала должны быть включены оба дополнительных сопротивления R_5 и R_6 (фиг. 1). После того как батарея несколько разрядится, переходят на одно сопротивление R_5, а затем выключают и его. Когда и в этом случае громкость приема начнет ослабевать, к двум элементам присоединяется последовательно третий, свежий элемент и опять включаются оба сопротивления.

Усилитель потребляет от анодной батареи ток около 1,5 *ма*. Для хорошей работы усилителя нужно, чтобы детекторный приемник давал довольно громкий прием на телефон, иначе слышимость на громкоговоритель может оказаться слабой.

ДВУХЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ. Двухламповый усилитель имеет ряд преимуществ перед одноламповым. Он дает хороший громкоговорящий прием даже при слабой работе детекторного приемника. Кроме того, отпадает необходимость в самом детекторе с его неустойчивой точкой. Но, с другой стороны, двухлам-



Фиг. 5. Схема двухлампового усилителя.

повый усилитель более сложен и потребляет вдвое больший ток накала.

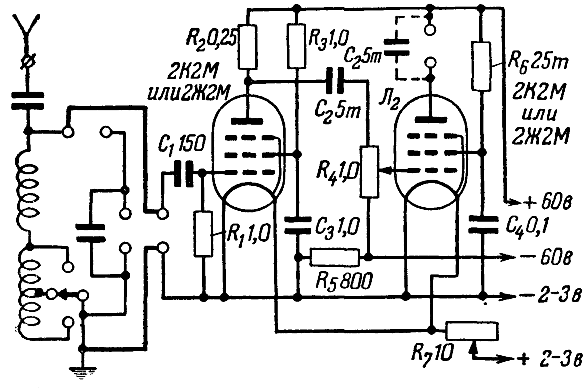
Принципиальная схема такого усилителя изображена на фиг. 5.

Первая лампа $Л_1$ служит сеточным детектором, а вторая $Л_2$ — усилителем. Конденсатор C_1 и сопротивление R_1 необходимы для сеточного детектирования. Сопротивление R_2 является анодной нагрузкой. Функции остальных деталей такие же, как в схеме одноулампового усилителя. Между первой и второй лампами находится регулятор громкости (переменное сопротивление R_4).

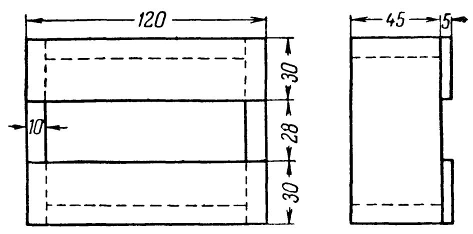
Для регулировки накала в усилителе поставлен реостат. Он, конечно, может быть заменен постоянными сопротивлениями, как это сделано в одноламповом усилителе. Только в этом случае сопротивления должны иметь вдвое меньшую величину, т. е. должны быть по 4 *ом*.

Способ присоединения усилителя к приемнику показан на фиг. 6. Из приемника вынимается детектор и то детекторное гнездо, которое соединено с катушкой, подключается к сеточному гнезду усилителя. Второе гнездо усилителя соединяется с гнездом «земля» приемника.

Размеры шасси усилителя даны на фиг. 7.



Фиг. 6. Присоединение двухлампового усилителя к приемнику.



Фиг. 7. Шасси двухлампового усилителя.

Питается усилитель так же, как и одноламповый, от одной батареи БАС-60 и двух элементов 3С. Однако при двух лампах выгоднее применить для накала три последовательно включенных элемента, а лампы соединить последовательно, как показано на фиг. 5. В этом случае можно значительно увеличить срок действия батареи.

Помимо громкоговорящего приема всех станций, которые слышны на детекторный приемник, двухламповый усилитель может дать прием еще несколько новых станций на телефон и, что самое главное, этот прием будет устойчив, он не будет зависеть от «капризов» детектора.

Макет для демонстрации работы усилителя[1]

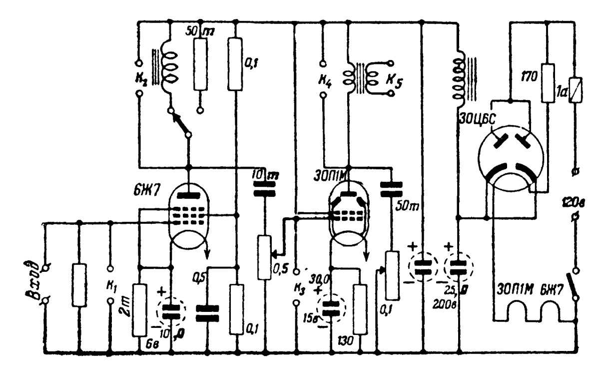
Демонстрацию работы усилителя лучше всего проводить с развернутым монтажем его. Для этого предлагается описание действующего макета «усилитель низкой частоты».

Для действующего макета взята типовая радиолюбительская схема средней сложности, представляющая двухламповый усилитель с универсальным питанием (фиг. 1). Первая его ступень имеет сменную анодную нагрузку (сопротивление, дроссель), а выходная ступень — трансформаторная. Таким образом, макет позволяет демонстрировать три основных типа усилителей низкой частоты.

В схеме имеются регуляторы громкости и тона.

Возможность демонстрации работы усилителя по звеньям обеспечена введением в него контрольных гнезд K_1 — K_5. Вспомогательные цепи приведены к самому простому виду (выпрямитель однополупериодный, без силового трансформатора, развязка в анодной цепи первой ступени отсутствует). Такая схема представляет интерес с точки зрения радиолюби-

[1] В. К. Лабутин, Наглядные пособия по радиотехнике (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 1. Принципиальная схема усилителя н. ч. для развернутого монтажа.

тельской практики и в то же время довольно проста в усвоении при первом знакомстве с ней на теоретических занятиях.

Конструктивное выполнение и художественное оформление монтажа макета определяют легкость чтения его схемы. Усилитель низкой частоты смонтирован на стандартной стойке в сочетании с нарисованной на панели принципиальной схемой. Последняя выполнена в разных цветах, отчетливо выделяющих цепи с различными напряжениями. Светлокоричневым цветом обозначены провода с переменным напряжением сети и цепи накала; красным — провода плюса высокого напряжения, включая цепи экранных сеток; голубым — цепи с напряжением звуковой частоты. Черный цвет использован для проводов, несущих минус высокого напряжения, и цепей сеточного смещения. Тем же цветом сделаны схематические обозначения деталей. Провода, находящиеся одновременно под различными напряжениями, выполнены чередующимися цветами соответствующих напряжений. Например, анодные провода — голубой с красным. Злоупотреблять количеством цветов не следует, так как при этом схема теряет наглядность. Толщина схемных линий 5 *мм* для основных цепей усилителя и 3 *мм* для вспомогательных цепей (выпрямитель, цепи накала ламп, цепи контрольных гнезд).

Детали укреплены рядом с их схематическими обозначениями. Соединительные провода скрыты позади панели. Часть деталей подключена с помощью гибких проводничков и зажимов, что расширяет демонстрационные возможности макета.

Для демонстрации работы первой ступени на вход подключается граммофонный звукосниматель, а прослушивание производится с помощью громкоговорителя, включаемого поочередно в гнезда K_1, K_2 и K_3. При включении громкоговорителя в гнезда K_4 и K_5 демонстрируют работу обеих ступеней усилителя. С низкоомным динамиком в этом случае можно показать роль понижающего выходного трансформатора.

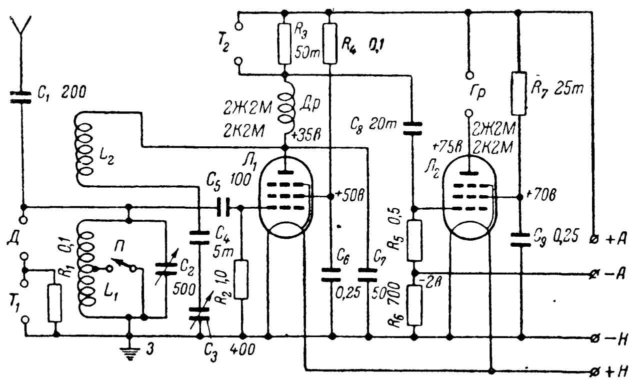
На практических занятиях с помощью этого макета можно: 1) производить проверку режима ламп; 2) заменять отдельные детали неисправными и показывать, как это влияет на работу схемы; 3) демонстрировать порядок отыскания и устранения наиболее характерных неисправностей; 4) тренировать обучаемых в самостоятельном нахождении и устранении неисправностей.

Двухламповый сельский приемник[1]

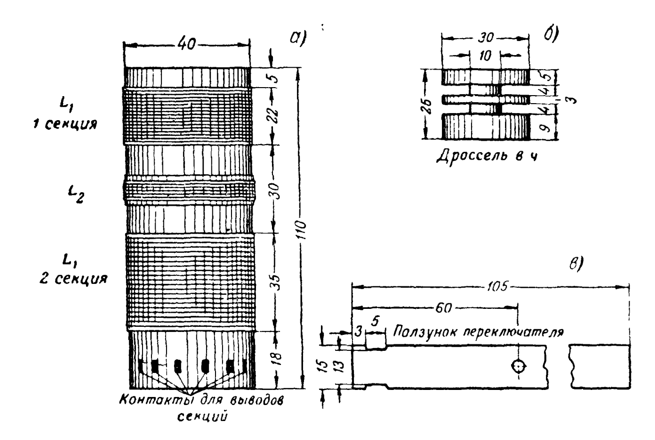
Приемник (фиг. 1) имеет две лампы и собран по схеме прямого усиления (0-V-1) с регулируемой обратной связью. Он рассчитан на плавное перекрытие длинноволнового и средневолнового радиовещательных диапазонов.

СХЕМА. Первая ступень работает как сеточный детектор с плавно регулируемой обратной связью. Антенна присоединяется к катушке через конденсатор C_1. Он уменьшает влияние антенны на настройку и повышает избирательность приемника. Настраивающийся контур состоит из катушки индуктивности L_1, разбитой на две секции, и конденсатора переменной емкости C_2. Этот контур приемника соединяется с управляющей сеткой детекторной лампы через сеточный конденсатор C_5. Сопротивление R_2 служит утечкой сетки первой лампы. На каркасе катушки L_1 наматывается и катушка обратной связи L_2, которая одним концом присоединена к аноду детекторной лампы, а дру-

[1] Г. Марков, Простейший сельский 0-V-1, «Радио», 1949, № 4.



Фиг. 1. Принципиальная схема приемника.



Фиг. 2. Устройство катушек, дросселя и переключателя диапазонов.

гим через разделительный конденсатор C_4 — к конденсатору переменной емкости C_3, служащему для регулировки обратной связи. В анодную цепь первой лампы поставлен дроссель высокой частоты *Др*, преграждающий доступ высокочастотным колебаниям в цепи усилителя низкой частоты. Сопротивление R_3 является нагрузочным для токов низкой частоты, а R_4 понижает напряжение, подводимое к экранной сетке. Конденсатор C_6 блокирует экранную сетку. Переключатель диапазонов *П* замыкает и размыкает одну из секций катушки L_1.

Вторая ступень приемника работает как усилитель низкой частоты. Управляющая сетка этой лампы соединена с анодом первой лампы через разделительный конденсатор C_8. Сопротивление R_5 служит утечкой сетки этой лампы. Для лучшей работы этой ступени в схему введено сопротивление R_6, с которого подается отрицательное напряжение на управляющую сетку второй лампы. Сопротивление R_7 и конденсатор C_9 выполняют ту же роль, что и R_4 и C_6 в цепи экранной сетки первой лампы. Громкоговоритель или телефон включается в разрыв анодной цепи второй лампы (в гнезда *Гр*).

ДЕТАЛИ. Самодельными деталями в приемнике являются катушки L_1 и L_2, дроссель высокой частоты *Др* и переключатель диапазонов *П*.

Размеры катушек и каркаса указаны на фиг. 2,*а*.

Намотка катушек производится в следующей последовательности. Первой наматывается средневолновая секция катушки L_1. Начальный виток ее закрепляется на расстоянии 5 *мм* от верхнего края каркаса. Эта секция состоит из 55 витков провода ПЭ 0,4. Она занимает на каркасе участок, равный по длине 22 *мм*.

Вторая (длинноволновая) секция катушки L_1 наматывается, отступя на 30 *мм* от конца первой секции. Она состоит из 190 витков провода ПЭ 0,15. Обе секции катушки L_1 наматываются в один слой, причем витки укладываются плотно друг к другу. Концы обмоток подводятся к контактам, сделанным из толстой проволоки. Они устанавливаются на нижнем крае каркаса.

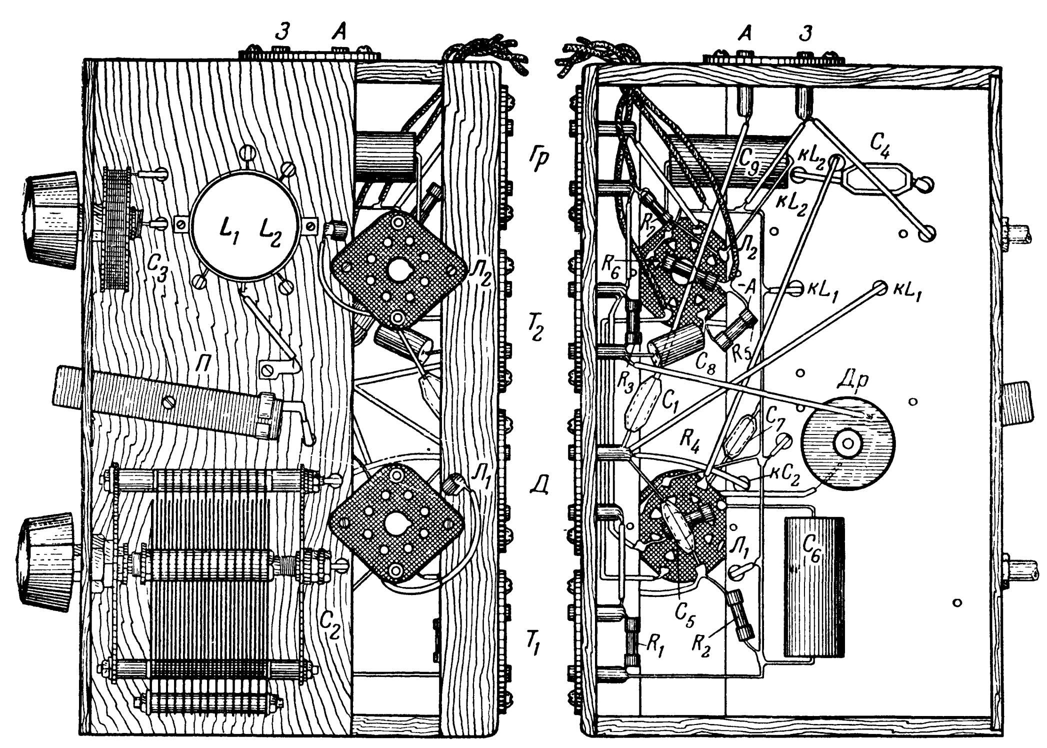
Катушка обратной связи L_2 содержит 40 витков провода ПЭ 0,15 и наматывается в два слоя на бумажное кольцо высотой 8 *мм*. Внутренний диаметр этого кольца должен быть немного больше наружного диаметра каркаса катушки L_1, с тем чтобы кольцо можно было свободно перемещать по этому каркасу. Кольцо с катушкой L_2 располагается на каркасе в промежутке между обеими секциями катушки L_1.

Дроссель высокой частоты наматывается на деревянном каркасе диаметром 30 *мм*, в котором вырезаются две кольцевые канавки для обмотки (фиг. 2,*б*). Можно применить и бумажный каркас, снабдив его тремя картонными щечками, между которыми будут намотаны секции дросселя.

Переключатель диапазонов *П* изготовляется из фанерной или текстолитовой полоски (фиг. 2,*в*). На один конец такой полоски надевается обойма из тонкой латуни или жести, которая при передвижении переключателя в одну сторону замыкает два контакта и этим самым выключает из контура длинноволновую секцию катушки L_1. Тогда приемник оказывается переключенным на прием средних волн. При перестановке переключателя в противоположную сторону он размыкает эти контакты, в результате чего обе секции катушки соединяются последовательно, и приемник оказывается переключенным на длинноволновый диапазон.

Остальные детали приемника — готовые заводские. Их электрические данные указаны на принципиальной схеме (фиг. 1).

МОНТАЖ. Приемник собирается на угловом деревянном шасси. Его размеры и порядок расположения на нем деталей показаны на монтажной схеме фиг. 3. На горизонтальной панели шасси устанавливаются ламповые панельки, контурная катушка и переключатель диапазонов *П*. Под шасси располагаются все остальные детали, за исключением конденсаторов переменной емкости C_2 и C_3. Последние крепятся на передней вертикальной панели. На задней стенке шасси расположены гнезда для детектора, телефонных трубок и громкоговорителя, а на боковой — для антенны и заземления. Шнур питания выведен через отвер-



Фиг. 3. Монтажная схема приемника.

стие сбоку шасси. Монтаж приемника крайне несложен.

НАЛАЖИВАНИЕ. Окончив монтаж приемника, надо тщательно проверить правильность всех соединений, надежность паек. После этого можно подключить батареи, вставить в панельки лампы и приступить к налаживанию схемы.

Прежде всего определяется действие обратной связи. Если при вращении конденсатора C_3 генерация не будет возникать, то следует поменять местами концы катушки обратной связи. Наличие генерации определяется по появлению свиста при настройке на станцию. При вращении конденсатора C_3 этот свист (регенерация) в определенном месте должен срываться. Возникновение и срыв генерации должны происходить не сразу, а постепенно (плавно). Этого можно добиться подбором величины конденсатора C_7 и некоторым смещением катушки L_2 вдоль каркаса. После подбора расположения этой катушки на каркасе она слегка приклеивается к последнему сургучом или клеем.

Отрегулировав действие обратной связи, желательно измерить высокоомным вольтметром напряжение на электродах ламп. Если показания вольтметра будут примерно соответствовать величинам, указанным на принципиальной схеме, то можно будет считать, что приемник налажен удовлетворительно.

ЛАМПЫ и ПИТАНИЕ. Приемник может работать с лампами типа 2К2М или 2Ж2М, причем указанные лампы могут применяться в любых сочетаниях.

Общий анодный ток приемника при напряжении анодной батареи 75 *в* приблизительно равен 2 *ма*, а ток накала при напряжении батареи 1,4 *в* — около 80 *ма*. Одна батарея БАС-80 может служить для данного приемника до 6 мес., а батарея накала БНС МВД-500 — не менее года.

Приемник может работать и при анодном напряжении, пониженном до 30—40 *в*. Громкость приема при этом, конечно, тоже понизится. Наоборот, для повышения громкости работы приемника можно увеличить анодное напряжение до 120 *в* и напряжение накала — до 2 *в*. В этом случае нужно включить полторы батареи БАС-80 и две МВД-500. Для регулирования напряжения накала в этом случае надо применять реостат сопротивлением 10—15 *ом*.

В целях более экономного расхода батарей в отдельных случаях можно вести прием на одну детекторную лампу. Для этого вторую лампу вынимают и в гнезда T_2 включают пьезотелефон. Если применить обычный электромагнитный телефон, то следует отключить от гнезд T_2 сопротивление R_3. Выгоднее пользоваться пьезотелефоном, так как он обладает более высокой чувствительностью. В случае включения

пьезотелефона в гнезда *Гр* (при приеме дальних станций) параллельно этим гнездам надо присоединить сопротивление в 50 000 *ом*.

При желании приемником можно пользоваться как обычным детекторным. Для этого включают в гнезда *Д* кристаллический детектор, а в гнезда T_1 — пьезотелефон. Применяя в этом случае электромагнитные наушники надо отключить от гнезда T_1 сопротивление R_1.

УХОД ЗА ПРИЕМНИКОМ. Обращение с приемником несложно. Настраивается он с помощью конденсатора переменной емкости C_2, а громкость регулируется вращением конденсатора обратной связи C_3. Величину этой связи надо подбирать так, чтобы не возникали свисты и чтобы передача принималась без искажений.

После окончания приема рекомендуется каждый раз отсоединять батареи от приемника. Удобнее всего к шнуру питания присоединить цоколь от старой лампы, а концы цепей питания подключить к ламповой панельке. Это несложное приспособление позволяет, вставляя или вынимая цоколь из ламповой панельки, быстро включать и выключать батареи и гарантирует правильное присоединение батарей к приемнику.

Для приемника желательно применять наружную антенну длиной 15—25 *м* и высотой 8—10 *м*. Местные или ближайшие мощные иногородние станции можно принимать и на комнатную антенну.

Как работает 0-V-1[1]

Приведенное выше описание двухлампового приемника 0-V-1 предназначено для начинающих радиолюбителей и радиокружков. В описании даны все указания для того, чтобы правильно построить радиоприемник.

Но этим нельзя ограничиться. Каждый радиолюбитель должен совершенно отчетливо представлять себе, каковы принципы работы приемника, какое назначение всех его деталей, знать цепи радиоприемника, т. е. те пути, по которым проходят различные токи.

Ниже дается довольно подробное объяснение работы приемника 0-V-1.

ВЫСОКАЯ ЧАСТОТА, НИЗКАЯ ЧАСТОТА И ПОСТОЯННЫЙ ТОК. Чтобы понять, как работает приемник, надо знать, какие в нем проходят токи. Эти токи бывают трех видов: постоянный, переменный ток высокой частоты и переменный ток низкой частоты.

Постоянный ток получается от батарей, питающих приемник, — от анодной батареи и батареи накала. Ток накала нужен для разогрева нити лампы до такой температуры, при которой из нити вылетают электроны, т. е. для получения электронной эмиссии. Анодная батарея нужна для поддержания анодного тока ламп и токов экранных сеток. От анодной батареи подается на аноды и экранные сетки ламп положительное напряжение. Когда на аноды и экранные сетки ламп подано положительное напряжение, то вылетевшие из нити электроны притягиваются к этим электродам и создают анодные токи и токи экранных сеток.

Переменные токи высокой частоты поступают в приемник из антенны, где они возбуждаются радиоволнами принимаемой станции. Описанный приемник 0-V-1 предназначен для приема станций, работающих на волнах от 2 000 до 200 *м*, что соответствует частотам от 150 до 1 500 *кгц*.

Переменные токи низкой или звуковой частоты получаются в приемнике в результате детектирования модулированных высокочастотных токов. Звуковые частоты, применяемые в радиовещании, лежат в пределах примерно от 50—80 и до 5 000—6 000 *гц*.

Детали, из которых собран приемник, и соединительные провода между ними называют цепями приемника. В зависимости от того, какой вид тока течет по цепям, различают высокочастотные цепи, низкочастотные цепи и цепи постоянного тока.

ДЕТАЛИ. Чтобы разобраться в работе приемника, надо знать, как ведут себя те или иные детали по отношению к разным видам токов.

Все детали приемника относятся к одной из трех групп: к индуктивностям, емкостям и активным сопротивлениям. К первой из групп в данном приемнике принадлежат контурные катушки, дроссель, обмотки электромагнитных телефонов или громкоговорителя; к второй группе относятся конденсаторы всех типов как переменные, так и постоянные; к третьей — все сопротивления проволочные и непроволочные. Строго говоря, такое разделение деталей по группам не всегда может быть произведено совершенно четко, так как, например, индуктивности в некоторых случаях могут обладать в известной степени свойствами емкостей, но для нашего рассмотрения такие отступления от общего правила не имеют значения.

Детали всех видов оказывают токам определенное сопротивление. На преодоление этого сопротивления затрачивается часть действующего напряжения. В таких случаях говорят, что в данной детали происходит падение напряжения. Чем больше сопротивление детали,

[1] «Радио», 1949, № 4.

тем бо́льшая доля напряжения затрачивается на его преодоление, т. е. тем больше падение напряжения в этой детали.

Одинаково ведут себя по отношению к токам различных видов активные сопротивления. Величина их сопротивления для всех токов одинакова. Если взять, например, сопротивление в 20 000 *ом*, то величина его останется одинаковой для токов всех видов. Следовательно, и величина падения напряжения в активном сопротивлении не зависит от вида тока.

Иначе ведут себя катушки индуктивности. Они пропускают через себя токи всех видов, но оказывают им неодинаковое сопротивление. Постоянному току они оказывают самое малое сопротивление, оно равно их активному сопротивлению, т. е. сопротивлению того провода, из которого выполнена катушка. Это сопротивление обыкновенно бывает настолько малым, что можно часто не принимать его во внимание и считать, что катушка не представляет для постоянного тока никакого сопротивления.

Для переменных токов высокой и низкой частоты катушка представляет кроме активного еще некоторое дополнительное индуктивное сопротивление, величина которого тем больше, чем выше частота тока. Величину индуктивного сопротивления X_L в омах можно вычислить по формуле

$$X_L = \omega L = 2\pi f L,$$

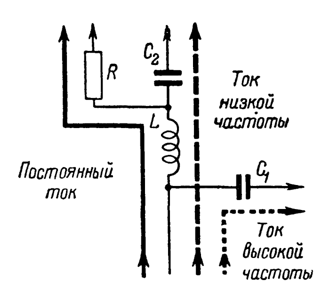
где $\pi = 3,14$;

f — частота тока в герцах;

L — величина индуктивности в генри.

Советуем радиолюбителю подставить в эту формулу различные величины частоты и убедиться в том, что одна и та же катушка, не представляя постоянному току почти никакого сопротивления, может для низких звуковых частот являться сопротивлением в тысячи ом, а для высоких частот — в миллионы ом. Следовательно, постоянный ток пройдет через такую катушку совершенно свободно, ток низкой частоты пройдет с некоторым затруднением, а ток высокой частоты практически совсем не пройдет, так как для него это сопротивление слишком велико.

Конденсаторы совсем не пропускают постоянный ток, они для постоянного тока представляют бесконечно большое сопротивление. По отношению к переменному току конденсаторы ведут себя, как сопротивления, величина которых тем больше, чем меньше частота тока, т. е. зависимость величины сопротивления от частоты обратная, чем у индуктивностей.



Фиг. 1. Разделение токов, текущих в общей цепи.

Вычислить величину емкостного сопротивления X_C для переменного тока можно по формуле

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C},$$

где C — величина емкости в фарадах, а остальные величины те же, что и в предыдущей формуле.

Подставив в эту формулу различные данные, радиолюбитель легко убедится в том, что конденсатор представляет собой для постоянного тока непреодолимую преграду. Он является сравнительно большим сопротивлением для низкочастотных токов — тем бо́льшим, чем ниже частота, и сравнительно малым сопротивлением для высокочастотных токов — тем меньшим, чем выше частота.

Различные величины сопротивления, которые оказывают катушки, конденсаторы и активные сопротивления токам того или иного вида, позволяют производить разделение токов, проходящих в общей цепи.

Допустим, что по проводу (фиг. 1) проходят одновременно постоянный ток (сплошная линия), ток низкой частоты (крупный пунктир) и ток высокой частоты (мелкий пунктир). Эти токи нам надо разделить. Ответвить высокочастотный ток легко, комбинируя конденсатор малой емкости C_1 и катушку L. Если величина индуктивности катушки достаточно велика, то высокочастотный ток «свернет» через емкость, так как сопротивление катушки для него оказывается очень большим. Постоянный и низкочастотный токи пройдут через катушку (первый из них вообще не может проходить через емкость, а второму путь через катушку представляет меньшее сопротивление, чем через конденсатор малой емкости).

Далее постоянный ток, встретив на пути конденсатор C_2, «сворачивает» в сопротивление R, а низкочастотный ток пойдет через конденсатор C_2, если его емкость достаточно велика для того, чтобы емкостное сопротивление

низкочастотному току было много меньше величины сопротивления *R*.

Запомнив эти особенности прохождения различных токов, мы можем приступить к рассмотрению их путей прохождения в приемнике 0-V-1.

ПУТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА. Наиболее прост путь тока накала. Ток этот идет от плюса батареи накала (в электротехнике принято считать, что ток течет от плюса к минусу, хотя электроны движутся в обратном направлении — от минуса к плюсу), проходит нити накала обеих ламп и возвращается в минус батареи накала. Никаких других путей для этого тока в схеме нет.

Путь тока анодного источника сложнее. Он идет от плюса анодной батареи (+*А*) и далее разветвляется на несколько цепей (см. фиг. 1 на стр. 155). Одна часть его проходит через сопротивление R_7. При этом часть напряжения теряется на преодоление данного сопротивления и на экранной сетке лампы $Л_2$ оказывается меньшее напряжение, чем дает анодная батарея. Часть напряжения «поглотилась» в сопротивлении R_7, которое часто и называют понижающим или поглотительным. Далее эта часть тока проходит через лампу (ток через лампу поддерживается за счет электронной эмиссии нити накала) от экранной сетки к катоду и через сопротивление R_6 возвращается к минусу анодной батареи (—*А*).

Другая часть постоянного тока анодного источника проходит через громкоговоритель *Гр* к аноду лампы $Л_2$, затем внутри лампы от ее анода к катоду и через сопротивление R_6 попадает к минусу батареи (—А). На преодоление сопротивления R_6 затрачивается некоторое напряжение (в данной схеме около 2 *в*), минус которого сообщается управляющей сетке лампы $Л_2$ и несколько смещает рабочую точку на характеристике лампы. Поэтому такое сопротивление часто называется «смещающим» или «сопротивлением смещения».

Третья часть тока анодного источника проходит через сопротивление R_4, в котором происходит падение напряжения, в результате чего на экранной сетке лампы $Л_1$ получается несколько пониженное напряжение. Эта часть тока возвращается к —*А* через участок экранная сетка — катод лампы $Л_1$ и через сопротивление R_6.

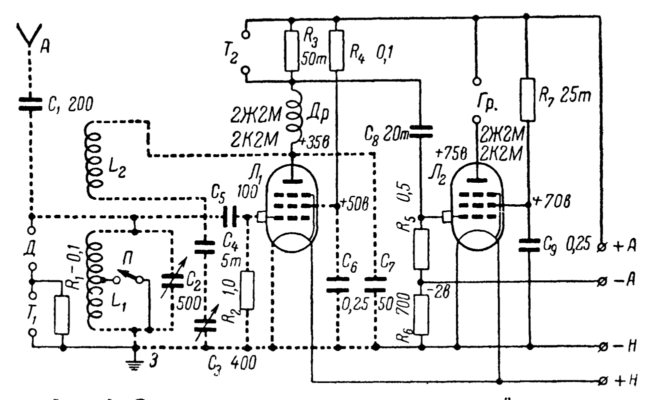
Следующая часть тока идет через сопротивление R_3, дроссель *Др* и лампу $Л_1$ от ее анода на катод. Если в гнезда T_2 включен электромагнитный телефон, то в него также ответвляется некоторая доля этого тока. Далее этот ток от катода через сопротивление R_6 попадает обратно в анодную батарею. Нетрудно увидеть, что все другие пути закрыты для него конденсаторами. Например, побочные пути после дросселя *Др* закрыты для него конденсаторами C_7 и C_4. Если замкнуть накоротко, например, C_7, то, естественно, ток устремится по этому пути, более легкому, чем через лампу, и лампа в результате работать не будет.

ПУТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ. Цепи высокочастотных токов в приемнике показаны на фиг. 2. Эти токи поступают в приемник из антенны. На своем пути они встречают конденсатор C_1, который для них не представляет серьезного препятствия. Конденсатор этот служит для устранения влияния емкости антенны на настройку контура. Если бы этого конденсатора не было, то емкость антенны присоединялась бы параллельно конденсатору контура C_2, что сильно уменьшило бы перекрытие контура. Конденсатор C_1 оказывается включенным последовательно с емкостью антенна — земля и уменьшает ее влияние.

Далее высокочастотные токи поступают в колебательный контур L_1C_2. На концах этого контура при настройке его в резонанс на частоту приходящих сигналов развивается довольно большое напряжение, которое передается управляющей сетке лампы.

Под воздействием переменного высокочастотного напряжения на управляющей сетке лампы в анодной цепи появится усиленный ток высокой частоты. Этот ток не может пройти через дроссель *Др*, представляющий для него большое сопротивление. Поэтому он направится от анода частью через конденсатор C_7 и частью через катушку обратной связи L_2 и конденсаторы C_4 и C_3 к катоду лампы. Цепь обратной связи L_2, C_3 и C_4 отводит через себя такую часть высокочастотного анодного тока лампы $Л_1$, которая необходима для нормальной работы обратной связи.

В цепи экранной сетки лампы $Л_1$ также есть высокочастотный ток. Он направляется к катоду лампы через конденсатор C_6, сопро-



Фиг. 2. Схема прохождения токов высокой частоты.

тивление которого для этого тока несравнимо меньше, чем сопротивление R_4.

В остальные цепи приемника высокочастотные токи не проходят, пути им туда закрыты дросселем *Др* и сопротивлением R_4.

ПУТИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ. Лампа $Л_1$ не только усиливает высокочастотные переменные токи, но и детектирует их — выделяет из них токи звуковой частоты. Продетектированные токи проходят по сопротивлению утечки сетки лампы R_2 (фиг. 3) и создают на нем переменное напряжение звуковой частоты. Это напряжение оказывается приложенным к сетке лампы и вызывает в ее анодной цепи появление усиленного тока звуковой частоты. Этот ток пройдет через дроссель *Др*, индуктивность которого не столь велика, чтобы составить серьезное препятствие низкочастотным токам. Затем он пройдет через нагрузочное сопротивление R_3, создаст на нем падение напряжения и через анодную батарею возвратится на катод лампы. Если в гнезда T_2 включен телефон, то низкочастотный ток пройдет и через него. Побочные пути на катод через емкости C_7 и C_3 для него закрыты, так как эти емкости слишком малы.

Ток звуковой частоты образуется и в цепи экранной сетки лампы $Л_1$, но он вернется на катод через конденсатор C_6 (сопротивление R_4 значительно больше, чем емкостное сопротивление конденсатора C_6).

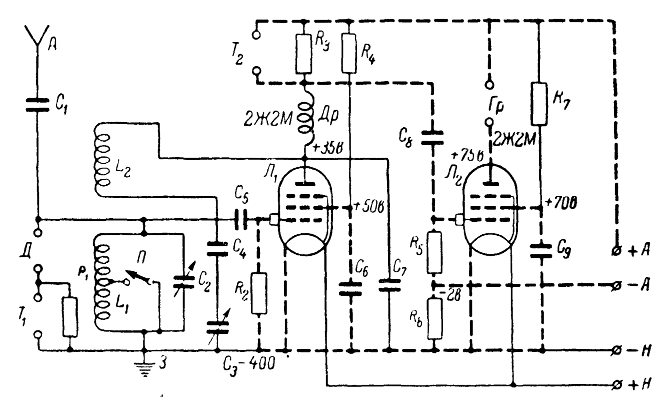
Падение напряжения звуковой частоты, получающееся на сопротивлении R_3, передается через конденсатор C_8 сетке лампы $Л_2$. Вследствие появления на сетке переменного напряжения звуковой частоты в анодной цепи этой лампы возникнет усиленный ток звуковой частоты, который пройдет через громкоговоритель и приведет его в действие. Далее этот ток вернется через анодную батарею на катод лампы.

Некоторый ток звуковой частоты возникнет и в цепи экранной сетки. Он пройдет на катод через конденсатор C_9, представляющий ему гораздо меньшее сопротивление, чем R_7.

Через сопротивление утечки R_5 на сетку лампы $Л_2$ подается постоянное отрицательное напряжение, получающееся на сопротивлении R_6.

Из всего сказанного ясно, что величины деталей, из которых состоит приемник (кроме деталей, входящих в колебательные контуры), можно изменять в довольно широких пределах. Во всяком случае изменение любого конденсатора или сопротивления на 20—25% допустимо во всех случаях и не скажется заметно на работе приемника.

Таковы в общих чертах принципы работы основных цепей приемника прямого усиления.



Фиг. 3. Цепи токов низкой частоты.

Приводимые в статье схемы могут быть увеличены и явятся полезными учебными пособиями.

Увеличивая эти схемы и тем самым превращая их в учебные плакаты, следует пути разных токов окрашивать разной краской.

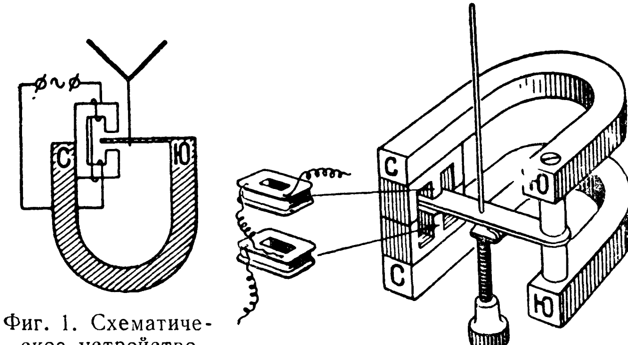
Как работает громкоговоритель[1]

В любой радиоустановке, будь то радиотрансляционная точка, приемник или проигрыватель граммпластинок, конечным звеном является громкоговоритель. Его назначение—преобразование электрической энергии в звуковую.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ. Электромагнитные громкоговорители давно известны; из них больше всего распространен громкоговоритель «Рекорд». Поэтому с принципом работы электромагнитного громкоговорителя лучше всего познакомиться, рассмотрев конструкцию «Рекорда».

Схематическое устройство этого громкоговорителя показано на фиг. 1. На одном полюсе постоянного магнита (на фиг. 1 на южном — *Ю*) закреплена упругая стальная пластинка, называемая якорем. Якорь может совершать колебания на изгиб. Свободный конец якоря находится между двумя полюсными наконечниками, собранными из листов трансформаторной стали и укрепленными на другом полюсе постоянного магнита, который намагничивает эти полюсные наконечники. Поэтому свободный конец якоря притягивается к обоим полюсным наконечникам. Однако если он находится посредине, то силы притяжения уравновешиваются.

[1] М. Жук, Как работает громкоговоритель, «Радио», 1949, № 3.



Фиг. 1. Схематическое устройство электромагнитного громкоговорителя.

Фиг. 2. Механизм громкоговорителя „Рекорд".

Полюсные наконечники одновременно служат сердечником маленького электромагнита. Его обмотки соединены последовательно так, что при прохождении по ним электрического тока в полюсных наконечниках создаются противоположные друг другу добавочные намагничивания. Таким образом, если в одном наконечнике под действием тока намагничивание усиливается, то в другом оно ослабляется. При этом якорь притягивается одним наконечником сильнее, чем другим. В результате он отклоняется от среднего положения до тех пор, пока сила упругости не уравновесит силу притяжения. При перемене направления тока в обмотке электромагнита якорь отклонится в другую сторону.

Если к обмотке подвести переменный ток звуковой частоты, то якорь будет совершать колебания около своего среднего положения с частотой тока. Эти движения якоря при помощи иглы, также показанной на фиг. 1, передаются вершине бумажного конуса, называемого диффузором. Последний, совершая колебания, создает в воздухе звуковые волны, которые мы воспринимаем в виде звука.

Механизм громкоговорителя «Рекорд» показан на фиг. 2. Винт, упирающийся в пружину, которая укреплена на нижней стороне якоря, служит для установки последнего в середине между полюсными наконечниками.

Каждый радиослушатель, имевший дело с «Рекордом», знает, что, вращая этот винт, можно при желании значительно уменьшить громкость передачи. Уменьшение громкости происходит за счет того, что якорь сильно отклоняется от среднего положения и даже упирается в один из полюсных наконечников. При этом одновременно с уменьшением громкости заметно возрастают искажения. Поэтому никогда не следует пользоваться установочным винтом для регулировки громкости передачи.

Общий вид громкоговорителя «Рекорд» приведен на фиг. 3.

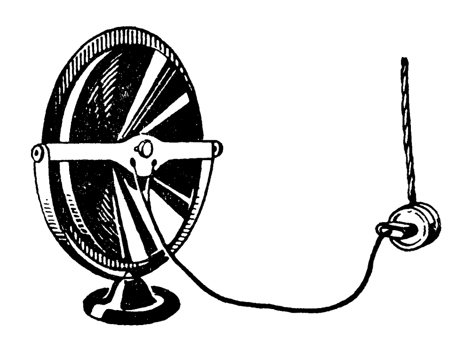
Электромагнитные громкоговорители имеют сравнительно высокий к. п. д.—примерно 1,5%, но дают невысокое качество звучания. Воспроизводимая ими полоса частот лежит обычно в пределах от 250 до 3 000 *гц*, а коэффициент нелинейных искажений достигает 10—15%. Поэтому область применения электромагнитных громкоговорителей очень ограничена — они используются только в радиотрансляционных сетях и иногда в простейших батарейных приемниках.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ. Электродинамические громкоговорители или, как для краткости их часто называют, динамики, применяются в подавляющем большинстве радиоустановок. Это объясняется тем, что динамики отличаются хорошим качеством воспроизведения звука, а также простой и надежной конструкцией.

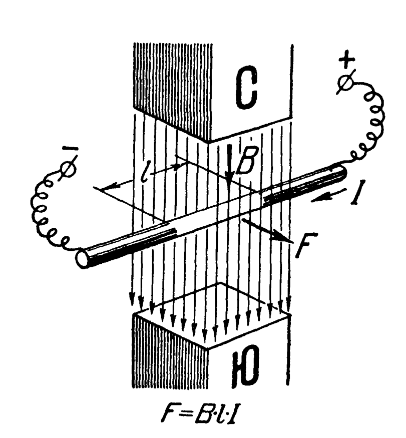
Работа динамика основана на взаимодействии электрического тока с магнитным полем. Если поместить проводник, по которому протекает ток, в постоянное магнитное поле, как это показано на фиг. 4, то на провод будет действовать определенная сила. Ее величина F пропорциональна силе тока I, магнитной индукции B и длине l проводника, находящегося в магнитном поле. Так как в рассматриваемом случае и магнитная индукция и длина проводника постоянны, то действующая на провод сила прямо пропорциональна величине электрического тока. Кроме того, эта сила имеет определенное направление, зависящее от направления тока и направления магнитных силовых линий. При изменении направления тока сила будет действовать в обратную сторону.

Таким образом, если по проводу, помещенному в магнитное поле, протекает переменный ток звуковой частоты, то сила, действующая на провод, повторит все изменения величины и направления этого тока.

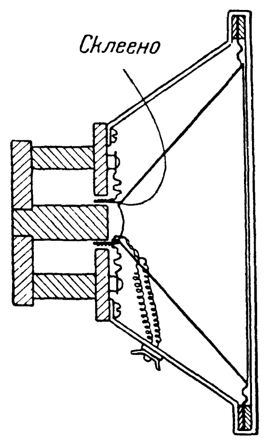
Конструктивно провод, помещаемый в магнитное поле, выполняется в виде однослойной или многослойной катушки. Ее называют обыч-



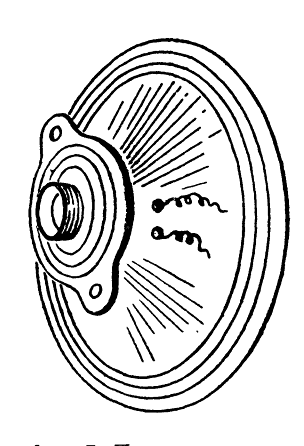
Фиг. 3. Общий вид громкоговорителя „Рекорд".



Фиг. 4. Проводник с током в магнитном поле.



Фиг. 6. Разрез электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом.

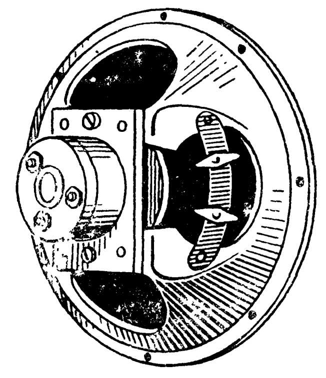


Фиг. 7. Подвижная система электродинамического громкоговорителя.

но звуковой катушкой. Она помещается в кольцевом зазоре, в котором с помощью магнитной системы создается радиальное магнитное поле.

Существуют две системы динамиков: с постоянным магнитом и с электромагнитом. У динамиков первой системы магнитное поле в зазоре создается с помощью сильного постоянного магнита, сделанного из специального сплава. Общий вид такой системы с кольцевым магнитом показан на фиг. 5, а ее разрез на фиг. 6. Кольцевой магнит изготовляется обычно из алюминиево-никелевой стали. Встречаются также магниты другой формы.

У динамиков второго типа магнитное поле в зазоре создается с помощью электромагнита. Его обмотка, имеющая большое количество витков, называется обмоткой возбуждения или катушкой подмагничивания и помещается на центральном стержне магнитной системы. На месте постоянного магнита в этом случае устанавливается скоба из мягкой стали, из которой сделаны также остальные части магнитной системы. По катушке подмагничивания пропускается постоянный ток, создающий сильное магнитное поле. Подмагничивание требует дополнительного расхода энергии.



Фиг. 5. Общий вид электродинамического громкоговорителя с кольцевым постоянным магнитом.

Звуковая катушка динамика склеивается с вершиной бумажного диффузора, который широкой частью укреплен в держателе. Однако благодаря гибкости гофрированной части диффузора такое крепление недостаточно для того, чтобы звуковая катушка помещалась точно в середине магнитного зазора и не задевала за его стенки во время работы динамика. Поэтому, кроме диффузора, к катушке присоединяется так называемая центрирующая шайба, служащая для точной установки катушки. Она изготовляется обычно из тонкого прессшпана или текстолита или из бумаги, пропитанной специальным лаком.

Подвижная система такого динамика, состоящая из звуковой катушки, бумажной центрирующей шайбы и диффузора, показана в собранном виде на фиг. 7.

Во время работы динамика по звуковой катушке протекает ток низкой частоты. Действующая при этом на катушку сила изменяет свою величину и направление, в точности повторяя изменения тока в катушке. Под действием этой силы подвижная система динамика совершает колебания, повторяющие с некоторым приближением все изменения действующей силы, а следовательно, и тока низкой частоты в катушке.

Электродинамические громкоговорители имеют меньший к. п. д., чем электромагнитные (порядка 0,5%), но зато они обеспечивают высококачественное воспроизведение звука. У хороших динамиков воспроизводимая полоса частот получается от 80 до 7 000 *гц*, а коэффициент нелинейных искажений не превышает нескольких процентов.

Приемник-радиоточка[1]

Описываемый здесь приемник для местного приема предназначается вместо обычной трансляционной радиоточки. Он имеет значительное преимущество по сравнению с последней, так как, располагая тремя фиксированными настройками, позволяет настраиваться на три станции и таким образом выбирать любую из трех программ.

СХЕМА ПРИЕМНИКА. Принципиальная схема приемника приведена на фиг. 1.

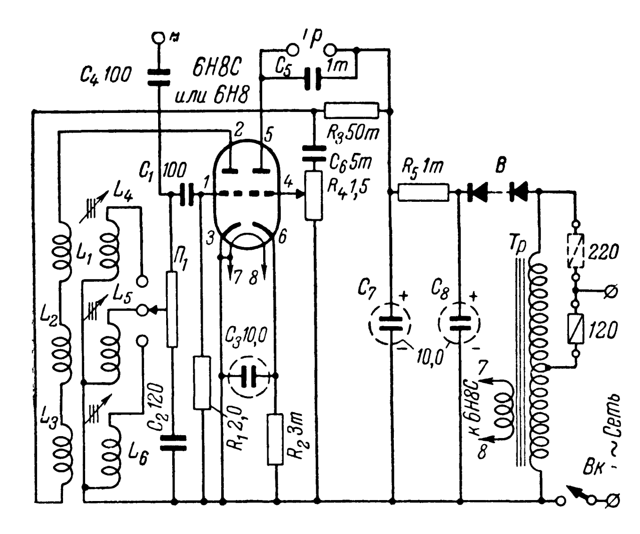
Приемник собран по схеме 0-V-1 с обратной связью на лампе 6Н8С (двойной триод с разделенными катодами). Связь с антенной емкостная — через конденсатор C_4.

С помощью кнопочного переключателя $П_1$ катушки L_4, L_5 и L_6 поочередно подключаются к конденсатору C_2 и образуют с ним настроенный контур. Этот контур включен в цепь сетки первого триода, работающего в режиме сеточного детектирования. Катушки L_4, L_5 и L_6 снабжены магнетитовыми сердечниками для подстройки на нужную станцию при налаживании приемника.

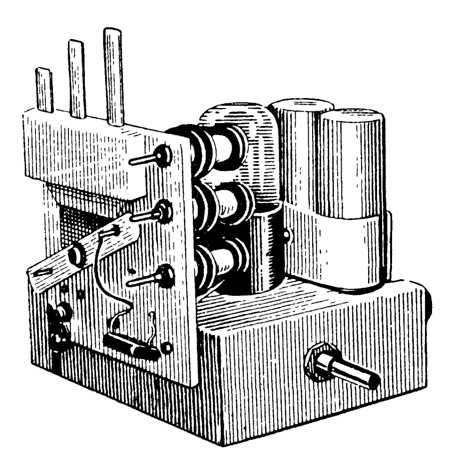
Катушки обратной связи L_1, L_2 и L_3 для упрощения переключений при переходе с одной станции на другую соединены последовательно.

С нагрузочного сопротивления R_3 детекторной ступени напряжение подается на усилитель низкой частоты (второй триод лампы) через конденсатор C_6 и переменное сопротивление R_4, являющееся регулятором громкости. Усиленные колебания низкой частоты поступают на громкоговоритель *Гр*.

[1] С. Ванкевич, Приемник-радиоточка, «Радио», 1950, № 7.



Фиг. 1. Принципиальная схема приемника.



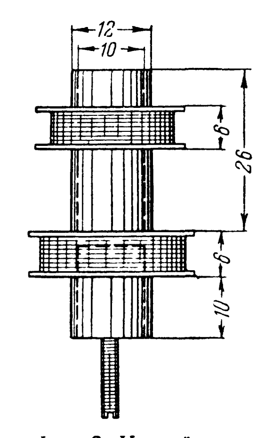
Фиг. 2. Расположение деталей на шасси.

Высокое напряжение для питания анодных цепей приемника подается от однополупериодного выпрямителя с селеновым столбиком *В*. Вместо силового трансформатора использован автотрансформатор, в котором имеется низковольтная обмотка для накала лампы. Присоединять к приемнику заземление нельзя, так как один из полюсов электросети соединен с шасси.

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ ПРИЕМНИКА. Приемник смонтирован на шасси размерами 9 × 12 *см* и высотой 3 *см*. Расположение деталей на шасси показано на фиг. 2.

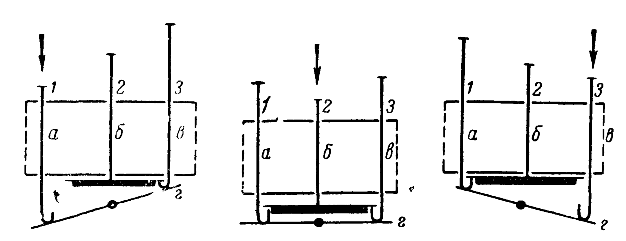
Автотрансформатор собирается из пластин Ш-18, толщина набора 2,5 *см*. Часть сетевой обмотки (для напряжения 120 *в*) состоит из 1 200 витков провода ПЭЛ 0,18; вторая часть ее, соединенная последовательно с первой, содержит 1 000 витков провода ПЭЛ 0,14. Накальная обмотка имеет 65 витков провода ПЭЛ 0,51.

Конструктивное выполнение катушек показано на фиг. 3. Каркасы для них склеиваются из плотной бумаги. Катушки наматываются внавал и имеют следующие числа витков: L_1 — 120, L_2 — 80, L_3 — 25, L_4 — 400, L_5 — 280, L_6 — 72. Катушки L_1, L_2, L_3, L_4 и L_5 наматываются проводом ПЭШО 0,1, а катушка L_6 — проводом ПЭШО 0,25.



Фиг. 3. Устройство катушек.

Конструкция кнопочного переключателя обеспечивает переключение приемника на три фиксированные настройки. Три возможных положения пе-



Фиг. 4. Схема действия переключателя.

реключателя схематически изображены на фиг. 4.

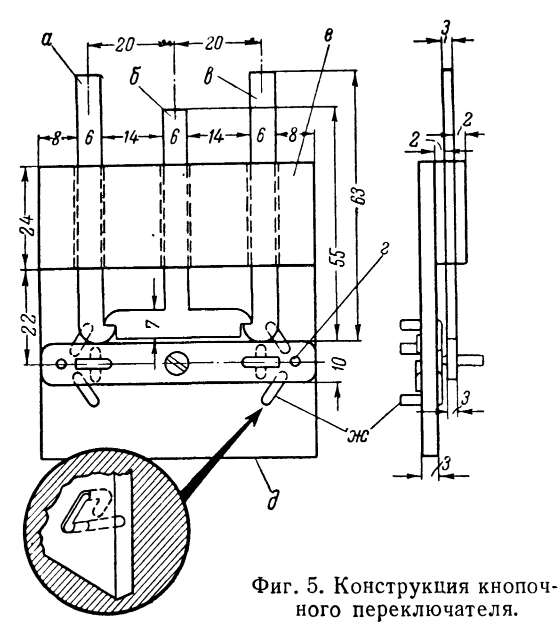
Переключатель (фиг. 5) состоит из следующих частей: толкателей *а*, *б* и *в*, на которые сверху надеваются кнопки из изоляционного материала, и ползунка *г*, который осуществляет присоединение к нужному контакту *ж*. Толкатели, ползунок и контакты располагаются на панельке *д*; здесь же крепится колодка *е*, в направляющих пазах которой двигаются толкатели. Панелька *д* крепится к шасси приемника болтами или заклепками.

Контакты на ползунке *г* и на панельке *д* выполнены из 1,5-*мм* медной проволоки.

Все детали переключателя нужно сделать из прочного изоляционного материала, например пропитанной лаком фанеры, текстолита или органического стекла.

Колодка для предохранителя состоит из панельки, сделанной из изоляционного материала, и укрепленных на ней двух пружинящих контактов (из гартованной меди, латуни или жести).

Все остальные детали в приемнике заводские; их электрические величины показаны на принципиальной схеме.



Фиг. 5. Конструкция кнопочного переключателя.

Громкоговоритель приемника должен обладать большим входным сопротивлением. Можно применить, например, высокоомный «Рекорд» или динамик, рассчитанный на работу с выходной лампой, требующей сопротивления нагрузки 6 000—8 000 *ом*.

При правильном выполнении монтажа налаживание приемника сводится к настройке его на принимаемые станции. Настройка приемника производится магнетитовыми сердечниками и подбором величины обратной связи.

Налаженный приемник обеспечивает громкоговорящий прием трех ближайших станций на небольшую внешнюю или на комнатную антенну. Например, в Москве и в Московской области такой приемник позволяет слушать любую из трех программ центрального радиовещания.

Супергетеродин[1]

В схемах приемников прямого усиления применяется только один тип преобразователя колебаний — детектор, выделяющий из модулированных колебаний высокой частоты колебания низкой частоты. В соответствии с этим в таких приемниках осуществляется усиление колебаний высокой частоты (частоты принимаемой станции) и усиление колебаний низкой (звуковой) частоты.

Но возможность усиления колебаний высокой частоты ограничена сравнительно небольшими пределами (из-за опасности возникновения паразитных колебаний), особенно если частота лежит в коротковолновой части радиовещательного диапазона, а тем более в области коротких волн.

С другой стороны, единственный пригодный для высоких частот тип усилителя — это резонансный. Но необходимость перестройки всех контуров при переходе от одной станции к другой очень усложняет конструкцию усилителя и обращение с ним. Обе эти трудности могут быть устранены одним и тем же методом — преобразованием принимаемых колебаний любой частоты в колебания одной и той же фиксированной частоты. Эта частота выбирается пониженной, чтобы можно было получить достаточно большое усиление, и на нее настраивается резонансный усилитель.

Такой метод применен в супергетеродинных приемниках. Та фиксированная частота, кото-

[1] С. Кин, Азбука радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949 (и по другим источникам).

рая получается в супергетеродине, называется обычно *промежуточной частотой.*

Способ, который применяется для преобразования колебаний любой принимаемой частоты в колебание одной промежуточной частоты, состоит в следующем.

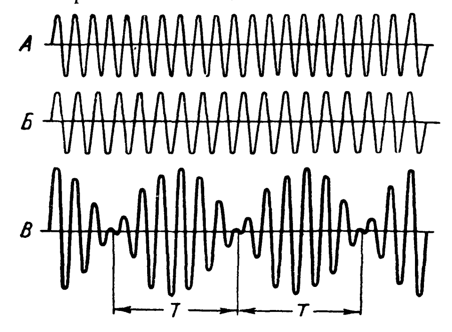
Если взять два колебания различной частоты и сложить их, то в результате получаются сложные колебания, так называемые *биения.* Графически этот процесс сложения колебаний изображен на фиг. 1. Кривые *А* и *Б* соответствуют двум гармоническим колебаниям разной частоты, а кривая *В* изображает биения, полученные в результате сложения этих двух колебаний *А* и *Б*.

В кривой *В* легко заметить новый период — именно период биений, который на фигуре отмечен буквами *Т*. Сразу видно, что период этих биений больше, чем период каждого из слагаемых колебаний, и, следовательно, частота биений меньше, чем частота каждого из слагаемых колебаний.

Частота биений равна разности частот двух слагаемых колебаний. Чем больше разность между этими частотами, тем больше частота биений; поэтому, выбрав достаточно большую разницу между слагаемыми частотами, мы можем получить биения высокой частоты.

Так, если мы возьмем слагаемые колебания с частотами 1 000 *кгц* (волна 300 *м*) и 1 460 *кгц* (волна 205 *м*), то биения, полученные в результате сложения этих колебаний, будут иметь частоту в 460 *кгц* (1 460—1 000=460), что соответствует волне 652 *м*.

Однако полученные биения хотя и имеют уже период, соответствующий промежуточной частоте, но они не представляют собой гармонических колебаний промежуточной частоты. Чтобы получить эти колебания, нужно биения продетектировать. Так же как из модулированных колебаний при детектировании выделяются колебания с частотой модуляции, из биений при детектировании выделяются колебания разностной частоты (равной разности двух слагаемых частот). Этот метод преобразования частоты называют *методом смешения* или *методом гетеродинирования.*



Фиг. 1. При сложении двух колебаний с разными частотами амплитуда результирующего колебания периодически изменяется.

Как же осуществить этот метод при приеме радиостанций?

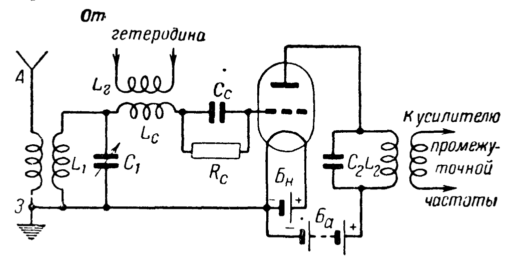
Пусть кривая *А* (фиг. 1) изображает колебания, приходящие в контур приемника от передающей станции. Создадим в нашем приемнике вспомогательные колебания высокой частоты (кривая *Б* на фиг. 1) при помощи специального гетеродина и подберем частоту гетеродина так, чтобы разность частот колебаний *А* и *Б* составляла, например, 460 *кгц*. Сложим полученные колебания и пропустим их через детекторную лампу. Тогда в контуре, включенном в анодную цепь лампы и настроенном на разностную частоту, мы получим колебания этой разностной частоты 460 *кгц*.

Полученные колебания промежуточной частоты можно усилить с помощью усилителя высокой частоты, который в этом случае называется *усилителем промежуточной частоты.*

Для осуществления процесса преобразования частоты может служить схема, изображенная на фиг. 2. Приходящие колебания улавливаются приемной антенной и через катушку L_1 эти колебания попадают на сетку детекторной лампы. Но предварительно в катушке L_c на них накладываются вспомогательные колебания от катушки гетеродина $L_г$. Контур L_2C_2 в анодной цепи детекторной лампы настроен на разностную частоту. Полученные в результате детектирования колебания разностной частоты направляются из этого контура для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

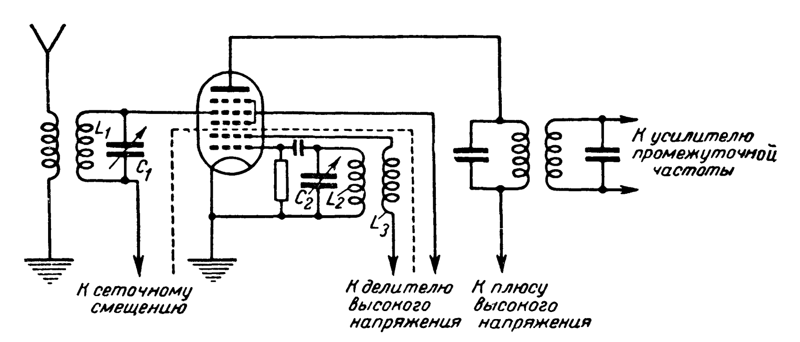
Рассмотренная упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина сейчас редко применяется на практике. В современных супергетеродинах возбуждение вспомогательных колебаний и детектирование биений обычно выполняет одна и та же лампа специального устройства. Такой специальной смесительной лампой является *гептод* — лампа с пятью сетками.

Схема преобразователя частоты с гептодом приведена на фиг. 3. Гептод в этой схеме смесителя представляет собой как бы две отдельные



Фиг. 2. Упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина.

лампы, помещенные в один баллон и связанные общим электронным потоком. Первая из этих ламп служит для возбуждения колебаний и заменяет отдельный гетеродин. Во второй лампе смешиваются приходящие колебания с колебаниями гетеродина и из полученных биений выделяются колебания разностной частоты. Для наглядности эти две «отдельные лампы» разделены на схеме пунктиром.



Фиг. 3. Схема преобразователя частоты с гептодом.

Первые две сетки, считая от катода, служат соответственно сеткой и «анодом» гетеродина и включаются как обычный триод в схему с обратной связью. Сетка, играющая роль управляющей сетки гетеродина, присоединена к колебательному контуру гетеродина L_2C_2. Вторая сетка («анод» гетеродина) присоединена к катушке обратной связи L_3. Благодаря наличию обратной связи в лампе возникают колебания, и электронный ток, проникающий через вторую сетку, переносит эти колебания в область «второй лампы».

Приходящие сигналы подводятся к четвертой сетке.

Третья и пятая сетки лампы соединены вместе и находятся под постоянным положительным напряжением. Они играют роль экранов между «первой и второй лампами», с одной стороны, а также между управляющей сеткой и анодом «второй лампы», — с другой. Таким образом, «вторая лампа» работает как экранированная лампа.

Колебания электронного тока, созданные «первой лампой», изменяют параметры «второй лампы» и в ней происходят смешение приходящих колебаний с колебаниями гетеродина и образование колебаний разностной частоты. Контур в цепи анода, настроенный на эту частоту, выделяет из анодного тока колебания разностной частоты. Дальше эти колебания подаются на вход усилителя промежуточной частоты.

Применение специальной преобразовательной лампы не только упрощает конструкцию супергетеродина тем, что сокращает число ламп, но и устраняет ряд трудностей, которые возникают при работе схем с отдельным гетеродином.

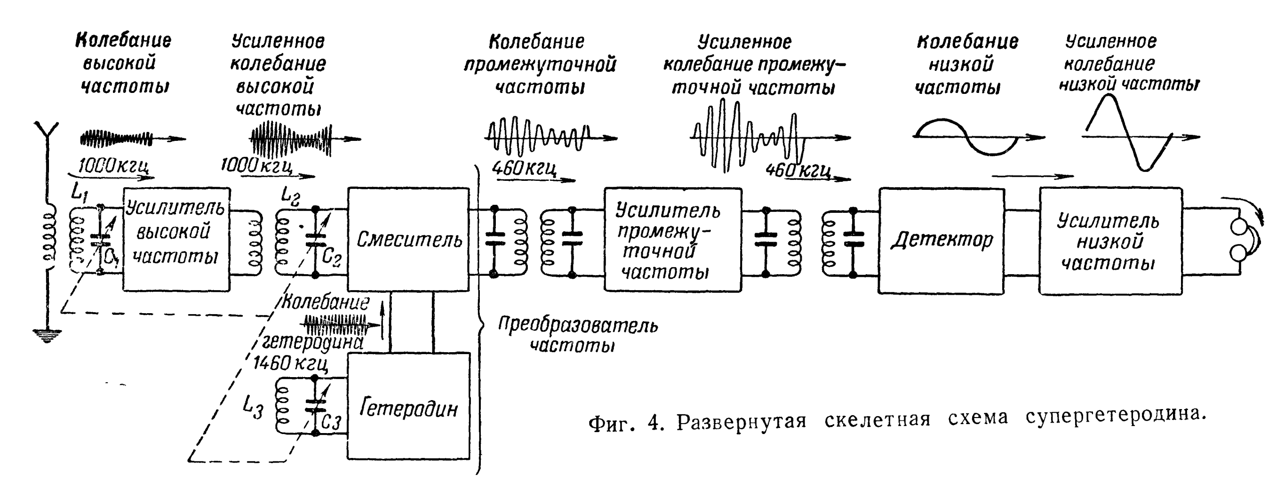
Мы рассмотрели преобразование немодулированных приходящих колебаний; сделано это было для упрощения. При приеме модулированных колебаний, поскольку колебания гетеродина имеют постоянную амплитуду, в биениях, а также и в колебаниях промежуточной частоты получаются изменения амплитуды, которые соответствуют изменениям амплитуды приходящих колебаний, т. е. колебания промежуточной частоты промодулированы так же, как и приходящие колебания. Чтобы превратить эти модулированные колебания в звуковые, их нужно еще раз пропустить через детектор. Поэтому колебания промежуточной частоты после усиления подводятся ко второму детектору, и уже после второго детектора полученные колебания звуковой частоты направляются в телефон или в усилитель низкой частоты.

Усилитель промежуточной частоты содержит одну, а иногда и две ступени резонансного усиления, обычно на настроенных трансформаторах. Как правило, настраивается не одна, а обе обмотки трансформаторов, чем достигается более выгодная в отношении избирательности форма резонансных кривых. Такие трансформаторы с обеими настроенными обмотками получили название *полосовых фильтров*.

Все фильтры при помощи «полупеременных» конденсаторов или магнетитовых сердечников раз навсегда настраиваются на промежуточную частоту, чтобы весь усилитель промежуточной частоты давал достаточное усиление и возможно бóльшую избирательность.

Частота колебаний гетеродина может изменяться в нужных пределах, и всякий раз она подбирается так, чтобы вместе с приходящими колебаниями получалась одна и та же фиксированная промежуточная частота. Таким образом, при настройке супергетеродина частота усиливаемых колебаний «подгоняется» под постоянную настройку резонансного усилителя промежуточной частоты. В этом заключается одно из важнейших преимуществ супергетеродина, так как вместо настройки многих междуламповых контуров приходится настраивать только контур гетеродина и входной контур приемника, т. е. настройка очень упрощается.

Для того чтобы получить фиксированную промежуточную частоту при любой волне, лежащей в диапазоне приемника, очевидно, нужно, чтобы диапазон гетеродина был сдвинут по отношению к диапазону входного контура при-



Фиг. 4. Развернутая скелетная схема супергетеродина.

емника на частоту, равную промежуточной частоте.

Промежуточная частота выбирается обычно около 460 *кгц*, реже 110 *кгц*, и на эту величину диапазон гетеродина должен отличаться от диапазона входного контура приемника.

Резонансное усиление промежуточной частоты само по себе обеспечивает большую чувствительность и избирательность супергетеродина, а преобразование частоты приходящих колебаний еще более повышает его избирательность, потому что близко лежащие волны принимаемой и мешающей станций после преобразования частоты «раздвигаются». Поясним на примере, как это происходит.

Пусть промежуточная частота равна 460 *кгц*, частота принимаемой станции 1 000 *кгц*, а частота мешающей станции 1 010 *кгц*, т. е. принимаемая и мешающая станции отличаются по частоте на 1%.

Чтобы получить в данном случае промежуточную частоту в 460 *кгц*, нужно настроить гетеродин на частоту в 1 460 *кгц*. Тогда мешающая станция даст колебание промежуточной частоты в 450 *кгц*, так как 1 460—1 010 = 450.

Теперь сигналы мешающей станции отличаются по частоте от сигналов принимаемой станции уже больше чем на 2%. Благодаря преобразованию частоты волны принимаемой и мешающей станций «разошлись», относительная расстройка увеличилась, и отстройка от мешающей станции этим облегчается.

Однако, повышая общую избирательность приемника, преобразование частоты открывает возможность проникновения сигналов мешающей станции, если эта станция работает на некоторой «опасной» частоте.

Дело в том, что одна и та же промежуточная частота получается, если частота приходящих сигналов на нужную величину *больше* или *меньше* частоты гетеродина. Поясним это на том же числовом примере, который рассмотрен выше.

Если гетеродин настроен на частоту 1 460 *кгц*, а промежуточная частота равна 460 *кгц*, то колебания нужной промежуточной частоты получаются как от станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, так и от станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*. В обоих случаях разность частот составляет 460 *кгц*.

Однако при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, на эту же частоту настраивается входной контур приемника, и поэтому сигналы мешающей станции, работающей на частоте 1 920 *кгц*, будут значительно слабее принимаемой. Но избирательности входного контура недостаточно для того, чтобы полностью преградить путь сигналам мешающей станции к сетке первого детектора. А после преобразования мешающая станция даст ту же промежуточную частоту, что и принимаемая, и дальше сигналы ее будут также усиливаться. Словом, супергетеродин, обладая вообще большой избирательностью, по отношению к этой так называемой *зеркальной помехе* обладает низкой избирательностью.

Чтобы устранить опасность зеркальной помехи, нужно повысить избирательность приемника еще до преобразования частоты. С этой целью в супергетеродинах применяется обычная ступень предварительного резонансного усиления высокой частоты.

Таким образом, типичная скелетная схема супергетеродина имеет вид, изображенный на фиг. 4. При этом, как указывалось выше, в современных супергетеродинах обычно смеситель и вспомогательный гетеродин объединены в одной преобразовательной ступени.

В супергетеродине без предварительного усиления высокой частоты при настройке на станцию необходимо настраивать два контура (входной и гетеродинный). В схеме же с пред-

варительным усилением число настраивающихся контуров увеличивается до трех, так как прибавляется настройка контура резонансного усилителя высокой частоты. Чтобы можно было осуществлять настройку одной ручкой, применяют сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости.

Благодаря тому что даже при наличии предварительного усиления в супергетеродине имеется всего лишь три контура с переменной настройкой, упрощается задача перекрытия широкого диапазона волн. Супергетеродин легко сделать «всеволновым», т. е. перекрыть не только весь радиовещательный диапазон средних волн, но и ту часть коротковолнового диапазона, которая отведена для радиовещательных станций.

Все отмеченные преимущества супергетеродина перед приемниками без преобразования частоты — приемниками прямого усиления — привели к тому, что все современные высококачественные ламповые приемники делаются по супергетеродинной схеме.

Общее усиление, которое может дать хороший супергетеродинный приемник, огромно. При напряжении на входе в несколько микровольт супергетеродин дает на выходе напряжение, достаточное для работы громкоговорителя, т. е. в несколько вольт. Таким образом, приходящие сигналы усиливаются в супергетеродине в несколько миллионов раз!

Радиоконструктор[1]

Проведение бесед по основам радиотехники в радиокружках проходит более успешно, если они сопровождаются доходчивыми опытами и демонстрациями.

При прохождении в радиокружках темы «Конструирование ламповых радиоприемников» лучше всего пользоваться специально изготовленными учебными блоками, смонтированными на открытых панелях. Изменением порядка расположения и соединения блоков между собой можно быстро собирать многие схемы и испытывать их. Ниже описывается набор учебных блоков, названный автором «радиоконструктор».

Каждая панель радиоконструктора представляет собой отдельную ступень лампового радиоприемника: усилитель высокой частоты, детекторную ступень, усилитель низкой частоты и выпрямитель.

При соединении двух или трех панелей получаются такие радиоприемники как 0-V-1, 1-V-0, 1-V-1. Используя все четыре панели, можно собрать несколько десятков различных ламповых схем. Кроме этого каждая панель позволяет испытать на ней различные детали.

Буквально в несколько минут без перепаек и переделок можно собрать на одном блоке несколько различных детекторных приемников или одноламповый батарейный приемник, к которому затем можно добавить усилители низкой и высокой частоты. Таким образом, руководитель радиокружка может последовательно демонстрировать все этапы конструирования радиоприемника от детекторного до трехлампового типа 1-V-1.

При применении подогревных ламп и добавлении четвертого блока (кенотронного выпрямителя) этот же приемник легко переводится на полное питание от электросети переменного или постоянного тока.

Из этих же блоков радиолюбитель может легко собирать не только приемники и усилители, но и фотореле, звуковой генератор для изучения телеграфной азбуки и серию других радиосхем.

Для большей наглядности каждый отдельный блок радиоконструктора смонтирован на открытой панели, сделанной из органического стекла. Благодаря полной прозрачности этого материала все соединительные проводники и детали блоков хорошо видны и доступны для наблюдения. Органическое стекло, конечно, можно заменить любым другим материалом, например эбонитом, гетинаксом или даже фанерой.

Все четыре панели делаются одинаковых размеров и формы (фиг. 1). Панель, на которой устанавливаются все детали и располагаются монтажные проводники, имеет размеры $130 \times 250 \times 6$ *мм* К ее краям из такого же материала прикрепляются бортики высотой в 30 *мм*.

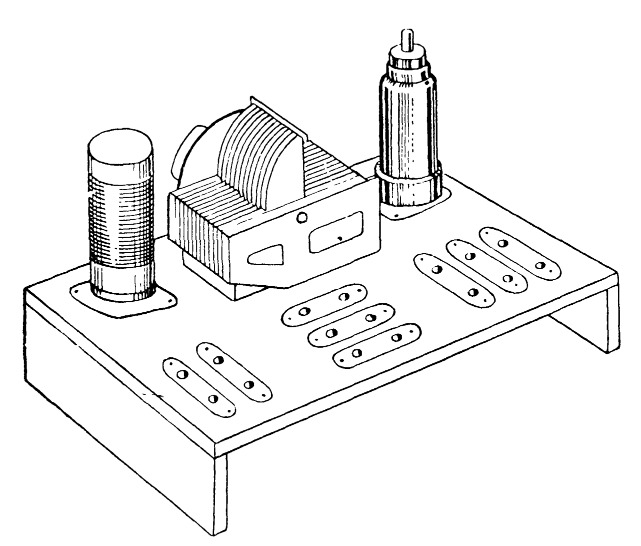
На панелях устанавливаются нужные детали и гнезда, которые соединяются жесткими проводниками согласно схеме данной панели.

ПАНЕЛЬ № 1. Эта панель (фиг. 2) служит для сборки на ней простого кенотронного выпрямителя без силового трансформатора. Схема панели приведена на фиг. 3.

Выпрямитель собирается по однополупериодной схеме. В качестве кенотронов можно применять лампы 6Х6С, 6С5, 6Ц5С, 30Ц6С. Выбор одного из перечисленных кенотронов за-

---

[1] Б. М. Сметанин, Учебные блоки, «Радио», 1947, № 6; Б. М. Сметанин, Радиоконструктор (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 1. Общий вид панели.

висит от того, какой ток должен давать выпрямитель.

При кенотроне 30Ц6С выпрямитель, включенный в сеть 220 *в*, дает выпрямленный ток около 90 *ма* при выпрямленном напряжении 180—220 *в*, что вполне достаточно для питания многолампового приемника. Если в качестве кенотрона используется лампа 6С5, то от выпрямителя можно получить ток около 10 *ма* при том же выпрямленном напряжении 180—220 *в*.

Из фиг. 2 видно, что на панели № 1 устанавливаются две ламповые панельки для кенотронов, соединяемые между собой параллельно. Наличие двух панелек позволяет применять одновременно два кенотрона в тех случаях, когда желательно получить выпрямленный ток более значительной силы.

Фильтр выпрямителя состоит из обычного дросселя низкой частоты *Др* (его можно заменить активным сопротивлением) и двух электролитических конденсаторов C_1 и C_2 по 10 *мкф* каждый (можно применять сдвоенный конденсатор). Выпрямленное напряжение снимается с гнезд *2*.

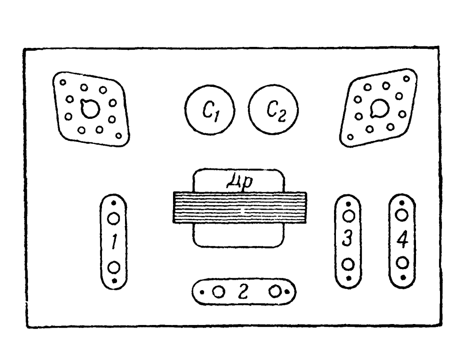
Как видно из схемы, минус высокого напряжения соединяется с питающей выпрямитель электросетью (нижнее гнездо *4*). При работе с таким выпрямителем его минус нельзя непосредственно соединять с землей. Земля в таких конструкциях может присоединяться только через конденсатор, рассчитанный на двойное напряжение электросети.

Нити накала кенотронов соединены последовательно (фиг. 3) и концы этой цепи подведены к гнездам *1*. При подобном соединении обеих ламповых панелей вторую панельку можно использовать для включения бареттера.

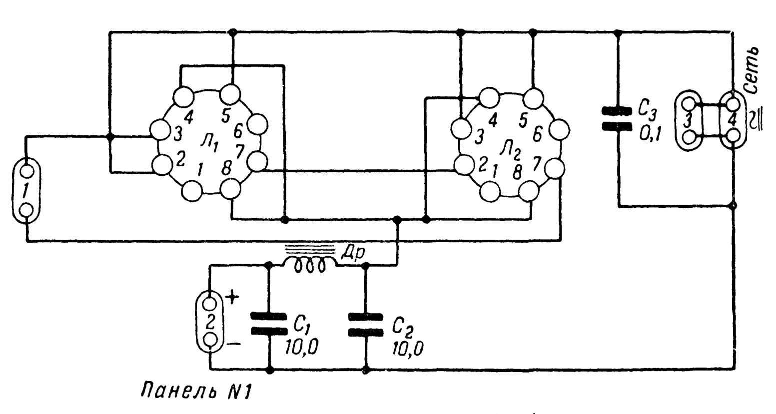
В тех случаях, когда выпрямитель применяется для питания какого-нибудь отдельного аппарата или радиоприемника, гнезда *1* используются для включения последовательно в цепь накала нитей кенотронов добавочного (гасящего) сопротивления. В качестве последнего может быть применена обыкновенная осветительная электролампа мощностью 25—40 *вт*.

Если на панелях радиоконструктора собирается какая-либо схема с универсальным питанием, в которой нити накала всех ламп соединены последовательно, то цепь накала нитей ее ламп нужно соединить проводниками с гнездами *1* выпрямителя.

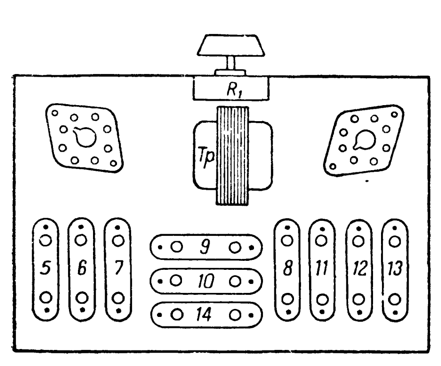
Расположение деталей панели № 1 понятно из фиг. 2. Монтаж панели производится жестким изолированным проводом, причем для большей наглядности желательно делать ее отдельные цепи проводами с различной расцветкой изоляции. Так, например, для анодной цепи можно применять провод в красной изоляции, для «минуса» высокого напряжения —провод в черной изоляции, а для цепи накала — в желтой изоляции. Этих расцветок следует придерживаться и при монтаже соответствующих цепей в остальных панелях радиоконструктора.

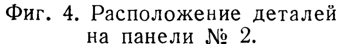


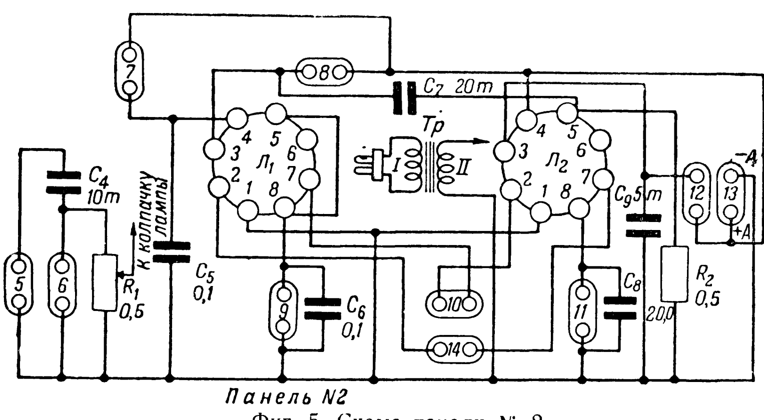
Фиг. 2. Размещение деталей на панели № 1.



Фиг. 3. Схема панели № 1.




Фиг. 4. Расположение деталей на панели № 2.



Фиг. 5. Схема панели № 2.

ПАНЕЛЬ № 2. Эта панель (фиг. 4) предназначается для сборки на ней усилителей низкой частоты как на сопротивлениях, так и по трансформаторной схеме с одной или двумя ступенями. Схема панели приведена на фиг. 5.

На панели № 2 монтируются междуламповый трансформатор *Тр* низкой частоты, две ламповые панельки, десять пар телефонных гнезд, два сопротивления и шесть постоянных конденсаторов. Переменное сопротивление R_1 служит для регулировки громкости. Выход усилителя рассчитан на включение высокоомного громкоговорителя. Динамик к такому усилителю можно присоединять только через выходной трансформатор. Междуламповый трансформатор может быть применен с отношением витков 1 : 3 и 1 : 4.

Гнезда *5* и *6* являются входными. К ним присоединяются провода граммофонного звукоснимателя или от приемника. Гнезда *7*, *8* и *9* предназначены для включения сменных сопротивлений при подборе рабочего режима лампы, гнезда *7* служат для включения сопротивления в цепь экранной сетки, гнезда *8* — для сопротивления анодной нагрузки и гнезда *9* — для включения сопротивления смещения лампы.

Так как емкость конденсаторов C_5 и C_6, а также переходного конденсатора C_7 остается неизменной при установке в усилителе лампы любого типа, то эти конденсаторы нет надобности делать сменными и поэтому они, как обычно, припаиваются к соответствующим участкам схемы.

Вторая ламповая панелька $Л_2$ предназначена для оконечной лампы. Сопротивление смещения для этой лампы включается в гнезда *11*. Гнезда *12* служат для включения высокоомного громкоговорителя.

Питание к панели № 2 подводится через гнезда *10*, *14* и *13*, причем через гнезда *10* и *14* подводится ток к нитям накала ламп. Наличие двух пар гнезд в этой цепи позволяет включать нити накала обеих ламп последовательно (в этом случае гнезда *10* замыкаются накоротко) или параллельно (правые гнезда *10* и *14* и левые гнезда *10* и *14* замыкаются между собой). Плюс и минус анодного напряжения подводятся к гнездам *13*.

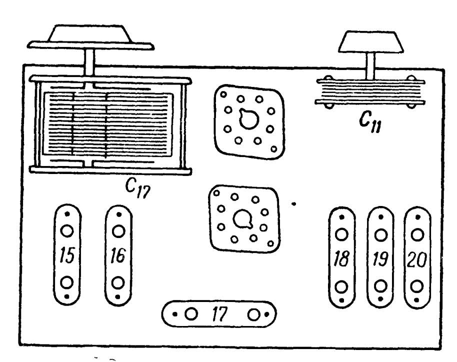
В тех случаях, когда усилитель собирается по трансформаторной схеме, в работу включается имеющийся на панели № 2 междуламповый трансформатор. Концы первичной обмотки этого трансформатора подведены к двухполюсной вилке, которая вставляется в гнезда *8*. Цепь, состоящая из переходной емкости C_7 и сопротивления утечки R_2, идущая к контакту *5* ламповой панельки, в этом случае отсоединяется, а вместо нее этому контакту (к управляющей сетке второй лампы) присоединяется свободный конец вторичной обмотки междулампового трансформатора.

Для сборки усилителя на этой панели можно применять следующие лампы: 6Г7 и 30П1М, 6Ж7 и 30П1М, 6К7 и 6К7, 2Ж2М и 2Ж2М, 2Ж2М и СО-244.

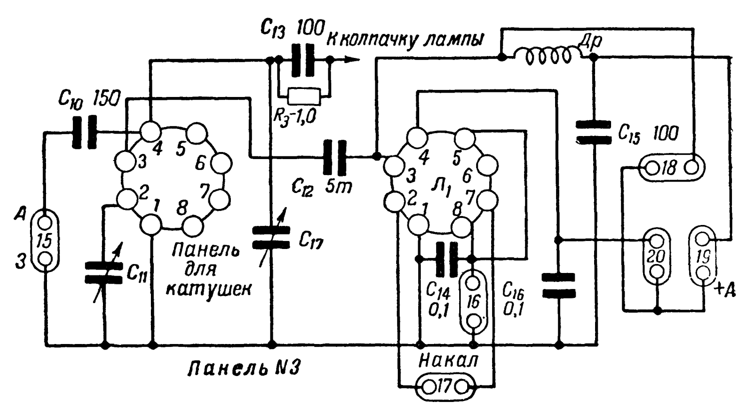
В тех случаях, когда у оконечной лампы управляющая сетка подведена к контакту, установленному на верху баллона, к гнезду *5* второй ламповой панельки присоединяется проводник, оканчивающийся колпачком или кольцом.

ПАНЕЛЬ № 3. Эта панель (фиг. 6) предназначается для сборки на ней детекторных ступеней многоламповых или одноламповых приемников, а также различных радиосхем из области занимательной радиотехники. Схема панели приведена на фиг. 7.

На панели № 3 монтируется колебательный контур, состоящий из конденсатора переменной емкости C_{17} (примерно на 500 *пф*) и одной из трех сменных пар катушек L_4L_5, L_6L_7 и L_8L_9, служащих для приема длинных, средних и ко-



Фиг. 6. Расположение деталей на панели № 3.



Фиг. 7. Схема панели № 3.

ротких волн. Катушки вставляются в первую (верхнюю на фиг. 6) ламповую панельку.

На панели № 3 можно собирать схемы как с обратной связью, так и без нее. Для регулировки величины обратной связи служит конденсатор переменной емкости C_{11} (на 500 *пф*) с твердым диэлектриком.

Кроме указанных деталей на этой панели монтируются вторая ламповая панелька (нижняя) для детекторной лампы, дроссель высокой частоты *Др*, постоянные конденсаторы C_{10}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15} и C_{16}, сопротивление R_3 и шесть пар телефонных гнезд.

К гнездам *15* присоединяются антенна и заземление. Гнезда *16*, *19* и *20* служат для включения сменных сопротивлений, подбираемых соответственно электрическим данным монтируемой схемы или же рабочему режиму применяемой лампы: в гнезда *16* вставляется сопротивление смещения лампы, в гнезда *19* — сопротивление анодной нагрузки и в гнезда *20*— сопротивление экранной сетки. Гнезда *18* служат для включения телефона в тех случаях, когда панель № 3 используется как самостоятельный одноламповый приемник. Если же к этой панели подключается панель № 2 усилителя низкой частоты, тогда правое гнездо *18* при помощи отдельного проводника соединяется с верхним гнездом *5* входа усилителя, в результате чего колебания из анодной цепи детекторной ступени подводятся к управляющей сетке лампы усилителя низкой частоты.

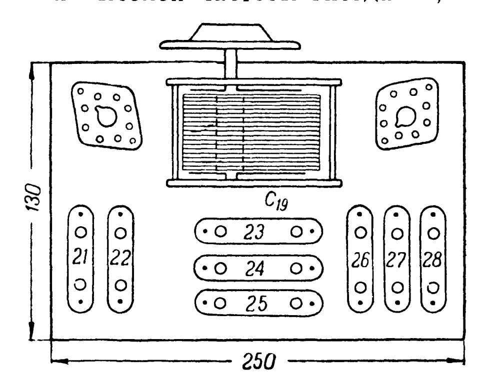
Питание панели № 3 подводится через гнезда *17*, *19* и *15*. Через гнезда *17* подается напряжение к нити накала лампы, а к нижнему гнезду *19* присоединяется плюс высокого напряжения; минус же высокого напряжения подключается к нижнему заземленному гнезду *15*.

На панели № 3 в качестве детектора могут применяться лампы: 6Ж7, 6Г7, 2К2М, 2Ж2М и др.

ПАНЕЛЬ № 4. Эта панель (фиг. 8) является универсальной по использованию. На ней можно собирать усилители высокой частоты с любым питанием, одноламповые приемники, детекторные приемники, фотореле, звуковой генератор и пр. Схема панели показана на фиг. 9.

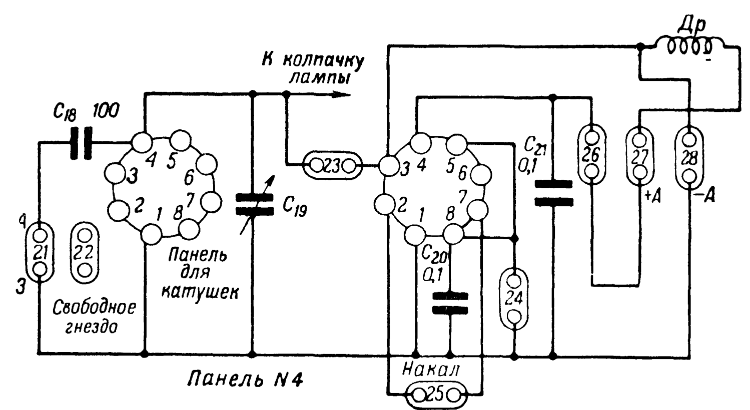
На панели № 4 монтируются две ламповые панельки, дроссель высокой частоты *Др*, три постоянных конденсатора, один конденсатор переменной емкости (около 500 *пф*) и восемь пар телефонных гнезд.

Гнезда панели используются в различных случаях по-разному в зависимости от особенностей собираемой схемы. Так, например, гнезда *23* при сборке детекторного приемника используются для включения в схему кристаллического детектора, а в случае сборки усилителя высокой частоты они остаются свободными. Гнезда *28* при сборке детекторного приемника служат для включения телефона; при сборке же усилителя высокой частоты к нижнему гнезду этой пары присоединяется минусовый провод анодной цепи, а к верхнему гнезду подключается конец провода, идущего к следующей панели радиоконструктора. При сборке усилителя высокой частоты гнезда *24*, *26* и *27*



Фиг. 8. Расположение деталей на универсальной панели № 4.

используются для включения сменных сопротивлений. К гнездам *21* присоединяются антенна и заземление. Питание к этой панели подводится к гнездам *25* (цепь накала) и к нижним гнездам *27* и *28* (анодное напряжение). Гнезда *22* используются при сборке звукового генератора и других конструкций.



Фиг. 9. Схема универсальной панели № 4.

Первая ламповая панелька предназначена для включения сменных контурных катушек L_1, L_2 и L_3, а вторая — для усилительной лампы, в качестве которой могут быть применены лампы 6К7, 6Ж7, 6Г7, 2К2М, 2Ж2М.

Все детали на этой панели монтируются, как и на предыдущих трех панелях, жестким проводом с различной расцветкой изоляции.

САМОДЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ КОНСТРУКТОРА. К самодельным деталям конструктора относятся два дросселя высокой частоты и набор контурных катушек для диапазонов длинных, средних и коротких волн.

Дроссели высокой частоты наматываются на деревянных каркасах диаметром 35 *мм* и высотой 30 *мм*. Каркас должен иметь два паза глубиной и шириной по 8 *мм*. В каждый паз наматывается по 200—250 витков провода ПЭ 0,08 или ПЭ 0,1.

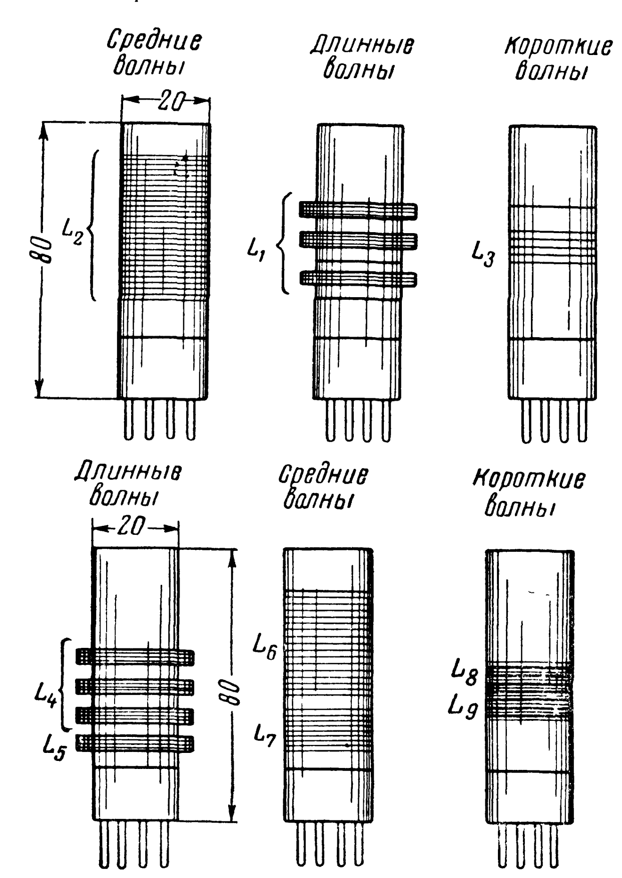
Для радиоконструктора необходимо изготовить контурные катушки (фиг. 10). Катушки наматываются на картонных каркасах диаметром 20 *мм* и высотой 80 *мм*. К основаниям каркасов прикрепляются цоколи от восьмиштырьковых ламп.

Катушка L_1 содержит 350, L_2 — 90, L_3 —8, L_4 — 300, L_5 — 60, L_6 — 80, L_7 — 30, L_8 — 7,5, L_9 — 6 витков. L_1, L_4, L_5, L_7 и L_9 намотаны проводом ПЭШО 0,1; L_2 и L_6 — ПЭ 0,2; L_3 и L_8 — ПЭ 0,8.

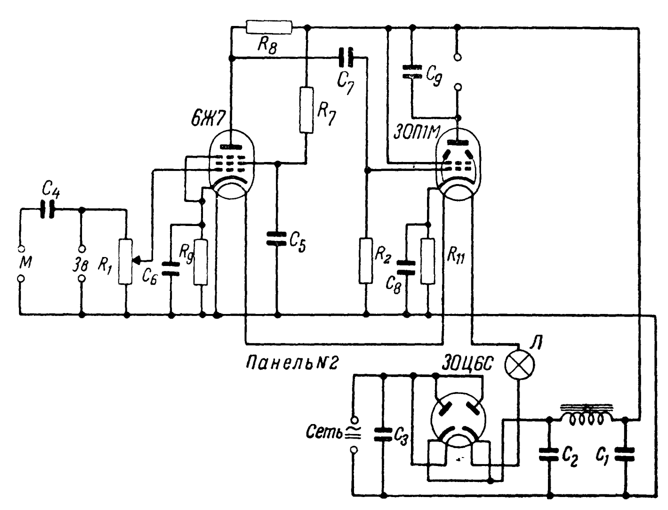
Коротковолновые катушки наматываются с принудительным шагом, т. е. между соседними витками оставляется зазор, равный диаметру провода. В эти свободные промежутки укладываются витки обмотки катушки обратной связи коротковолнового диапазона. Катушки средневолнового диапазона состоят из сплошной однослойной намотки. Обмотка катушки обратной связи наматывается на том же каркасе на расстоянии 2—3 *мм* от контурной катушки. Обмотка каждой длинноволновой катушки наматывается отдельными секциями. Ширина каждой секции 4 *мм*, расстояние между секциями 2 *мм*. Длинноволновая катушка обратной связи наматывается рядом с контурной катушкой. Все контурные катушки наматываются в одну сторону.

Начало каждой обмотки присоединяется к четвертому штырьку цоколя, а конец — к первому его штырьку. Начало каждой обмотки обратной связи присоединяется ко второму, а конец к третьему штырьку цоколя. Обмотки готовых катушек заливаются парафином.

Радиоконструктор позволяет собирать десятки радиосхем. Ниже даются примеры сборки некоторых из них.



Фиг. 10. Размеры и данные витков катушек.



Фиг. 11. Схема усилителя низкой частоты с универсальным питанием.

УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ПРОИГРЫВАНИЯ ГРАММОФОННЫХ ПЛАСТИНОК. Можно собрать несколько схем таких усилителей. Для примера приводим описание усилителя с универсальным питанием на лампах 6Ж7 и 30П1С (фиг. 11). Выходная мощность такого усилителя 1 *вт*, что вполне достаточно для проигрывания пластинок с хорошей громкостью даже в большой комнате.

Усилитель собирается на второй панели.

По таблице (см. стр. 176) находим для указанных ламп следующие величины сопротивлений: R_7 — 0,9 *мгом*; R_3 — 0,5 *мгом*; R_9 — 1 200 *ом*; R_{11} — 150 *ом*.

Указанные сопротивления вставляем в соответствующие гнезда второй панели: R_7 — в гнезда *7*, R_8 — в гнезда *8*, R_9 — в гнезда *9*, R_{11} — в гнезда *11*.

Затем гнезда *2* выпрямителя при помощи двух проводников соединяем с гнездами *13* усилителя согласно обозначенным полюсам.

Нити накала ламп необходимо соединить последовательно; это можно сделать, закоротив проводником гнезда *10*. Одно из гнезд *14* (любое) соединяется проводником с нижним гнездом *1* выпрямителя. Второе гнездо *14* соединяется через электрическую лампочку *Л* мощностью в 40—60 *вт* с нижним гнездом *6*, к которому присоединен минусовый конец выпрямленного напряжения.

Звукосниматель присоединяется к гнездам *6* усилителя (гнезда *5* остаются свободными). С помощью сопротивления R_1 можно регулировать громкость воспроизведения пластинок.

Динамический громкоговоритель включается в гнезда *12*. Лучше всего брать динамик с постоянным магнитом и включать его через выходной трансформатор, подходящий к лампе 30П1М.

В выпрямителе можно использовать кенотрон 30Ц6С или две лампы 6С5.

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕЛЕГРАФНОЙ АЗБУКИ. Для сборки звукового генератора по схеме, приведенной на фиг. 12, берется панель № 2. Лампа СО-258 вставляется во вторую ламповую панельку блока.

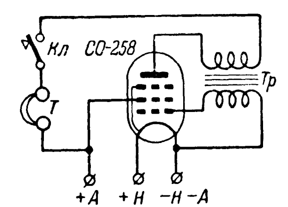
Как видно из схемы, для сборки генератора не потребуется применять сменные сопротивления. Нужно только вилку междулампового трансформатора *Тр* включить в гнезда *12*, а свободный конец вторичной обмотки этого трансформатора присоединить к контакту *5* панельки второй лампы, отсоединив подведенные к ней проводники от R_2 и C_7.

Питание к панели подается следующим образом.

Напряжение накала подводится к гнездам *14* и *10*. Эти две пары гнезд соединяются параллельно, т. е. левые гнезда *14* и *10* соединяются между собой, а правые гнезда *14* и *10* — между собой и с «землей» (например, с нижним гнездом *11*). Минус батареи накала присоединяется к «земле», а плюс батареи накала — к левым гнездам *14* и *10*.

Первая ламповая панелька остается свободной. Плюс высокого напряжения подключается к нижнему гнезду *7*.

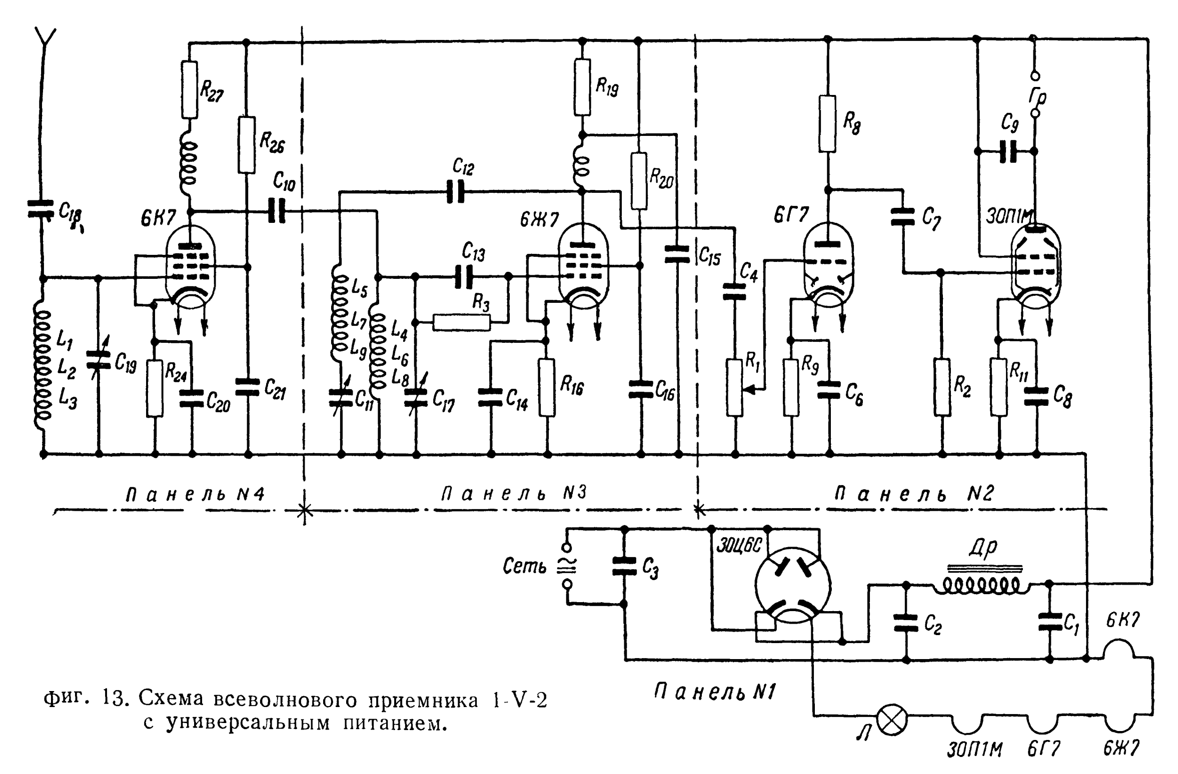
Между нижним гнездом *7* и левым гнездом *8* включается ключ *Кл*, а в гнезда *8* — громкоговоритель или телефонные трубки *Т*.



Фиг. 12. Схема звукового генератора.

Генератор готов. Если после включения он сразу не будет работать, следует переключить вилку в гнездах *12*, поменяв ее штырьки местами.

ПРИМЕР СБОРКИ МНОГОЛАМПОВОЙ СХЕМЫ. Используя все четыре панели радиоконструктора, можно собрать много различных ламповых радиосхем, включая четырехламповые и пятиламповые приемники. Ниже дается описание последовательности сборки одной схемы — всеволнового приемника 1-V-2 с универсальным питанием. Схема этого приемника приведена на фиг. 13.



Фиг. 13. Схема всеволнового приемника 1-V-2 с универсальным питанием.

Для ее сборки используются все четыре панели. На панели № 1 собирается выпрямитель, на панели № 2 — усилитель низкой частоты на сопротивлениях, на панели № 3 — детекторная ступень с обратной связью и на панели № 4 — усилитель высокой частоты. На схеме фиг. 13 все эти ступени отделены друг от друга пунктирными линиями.

Сборка отдельных ступеней выполняется в следующем порядке. Сначала выбираются для приемника лампы. В данной схеме предусмотрены лампы 6К7, 6Ж7, 6Г7, 30П1М, 30Ц6С и бареттер 0,3Б17-35 или электрическая лампа *Л* 60 *вт*.

Начнем сборку с первой ступени — усилителя высокой частоты — на панели № 4 (см. схему).

По таблице (см. стр. 176) для лампы 6К7 требуется сопротивление смещения R_{24} в 400 *ом*, сопротивление в цепи экранной сетки $R_{26} = 40\,000$ *ом* и анодное сопротивление $R_{27} = 5\,000$ *ом*. Указанные сопротивления включаются соответственно в гнезда *24*, *26* и *27*. Гнезда *22* и *23* остаются свободными. К гнезду *21 А* подводится провод от антенны. Затем в первую ламповую панельку вставляется контурная катушка.

На этом заканчивается сборка данной ступени приемника. Остается теперь лишь соединить ее со следующей ступенью собираемой схемы. Для этого гнезда *28* панели № 4 необходимо соединить двумя проводниками с гнездами *15* (нижнее гнездо с нижним, а верхнее с верхним гнездом) панели № 3. Кроме того, к панели № 4 нужно подвести питание. Плюс анодного напряжения подводится к нижнему гнезду *27*, а минус анодного напряжения — к нижнему гнезду *28*. Одно из гнезд *25* цепи накала лампы (любое) должно быть соединено с минусом анодной цепи. Поэтому его соединяют отдельным проводником с нижним гнездом *21*. Второе гнездо *25* необходимо соединить с гнездом *17* (любым) следующей ступени, т. е. панели № 3, потому что нити накала всех ламп согласно схеме должны быть соединены последовательно.

Далее переходим к сборке на панели № 3 второй (детекторной) ступени приемника.

При лампе 6Ж7, применяемой в данной схеме, в гнезда *16* включается сопротивление смещения $R_{16} = 200$ *ом*, а в гнезда *20* — постоянное сопротивление $R_{20} = 0{,}9$ *мгом*, служащее для понижения напряжения, подаваемого на экранную сетку лампы. Анодная нагрузка лампы — сопротивление $R_{19} = 0{,}5$ *мгом* — включается в гнезда *19*.

Питание к панели № 3 подводится через гнезда *17*, *19* и *15* следующим образом. Плюс анодного напряжения присоединяется к нижнему гнезду *19*, а минус анодного напряжения попадает на схему через провод, соединяющий нижние гнезда *15* и *5* и являющийся общим

проводом «земли». Ток накала к нити лампы панели № 3 подается через гнезда *17*. Одно из этих гнезд соединено уже с гнездом *25* предыдущей панели № 4, поэтому остающееся свободным второе гнездо *17* необходимо отдельным проводником соединить с одним из гнезд *14* панели № 2.

Затем вставляют в соответствующие ламповые панельки контурную катушку и лампу, и сборка второй ступени на этом заканчивается.

Панель № 3 соединяется с последующей панелью № 2 двумя проводниками, один из которых включается в правое гнездо *18* панели № 3 и в верхнее гнездо *5* панели № 2, а второй — в нижние гнезда *5* и *15*.

Двухламповый усилитель низкой частоты на сопротивлениях собирается с помощью панели № 2. Лампы усилителя: 6Г7 (используется только триод) и 30П1М. Нормальный рабочий режим этих ламп устанавливается путем включения в гнезда *9* сопротивления $R_9 = 10\,000$ *ом*, в гнезда *8* — сопротивления $R_8 = 0{,}15$ *мгом* (по таблице подбора сменных сопротивлений). Гнезда *7* остаются свободными. В гнезда *11* включается сопротивление смещения $R_{11} = 150$ *ом*.

Электромагнитный громкоговоритель или первичная обмотка выходного трансформатора динамика включается в гнезда *12*.

Питание к этой панели подводится через гнезда *14* и *13*. Нити накала обеих ламп соединяются последовательно замыканием накоротко гнезд *10*. Оставшееся свободным гнездо *14* (второе гнездо *14* соединено с гнездом *17*) соединяется с нижним гнездом *1* панели № 1. Плюс и минус высокого напряжения подводятся к соответствующим гнездам *13*.

Выпрямитель собран на панели № 1. Он работает с кенотроном 30Ц6С, который обеспечивает необходимые токи и напряжения для питания анодов всех четырех ступеней собранного приемника. Так как нити накала всех ламп данного приемника соединены последовательно и включаются в сеть переменного тока, то излишнее напряжение электросети должно поглощаться бареттером (или электрической лампой), включенным последовательно в общую цепь накала ламп приемника. Для бареттера используется вторая ламповая панелька выпрямителя. Плюс и минус высокого напряжения снимаются с гнезд *2* выпрямителя. Сеть включается в гнезда *3* и *4*.

Таким образом, весь процесс сборки пятилампового приемника сводится лишь к включению в соответствующие гнезда отдельных панелей необходимых сопротивлений и к соединению этих панелей между собой проводниками.

Собранный приемник почти не требует налаживания. Вся его регулировка сводится лишь к правильному подбору величин постоянных сопротивлений, обеспечивающих нормальный рабочий режим для ламп. Настройка приемника производится двумя ручками соответствующих конденсаторов переменной емкости. Наличие отдельных двух ручек позволяет более точно настраивать приемник на дальние станции.

ТАБЛИЦА ПОДБОРА СМЕННЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ. В панелях радиоконструктора можно применять разные типы ламп. Точный подбор рабочего режима, т. е. подгонка величины анодного и экранного напряжений, а также напряжения смещения для лампы каждого типа, осуществляется применением соответствующих сменных постоянных сопротивлений. Для включения таких сопротивлений, как уже указывалось, в каждой панели радиоконструктора имеются специальные гнезда. Данные сопротивлений приведены в следующей таблице:

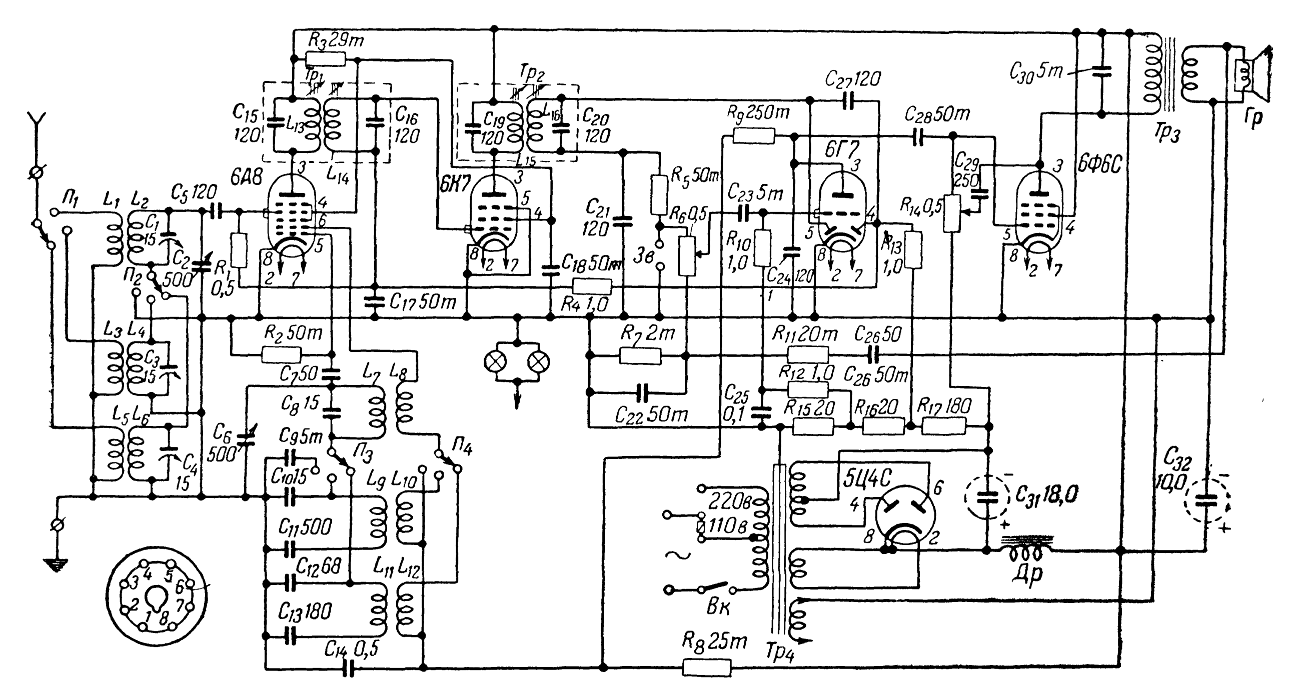
Лампа	Панель	Сопротивления, *ком*		
		R_8, R_{19}, R_{27}	R_7, R_{20}, R_{26}	R_9, R_{11}, R_{16}, R_{24}
2К2М	2	50	40	—
2К2М	3	40	40	—
2К2М	4	5	40	—
2Ж2М	2	50	40	—
2Ж2М	3	40	40	—
2Ж2М	4	5	40	—
6К7	2	50	40	0,4
6К7	3	50	40	0
6К7	4	5	40	0,4
6Ж7	2	500	900	1,2
6Ж7	3	500	900	1,2
6Ж7	4	100	500	1,2
6Г7	2	150	—	10
6Г7	3	50	—	0
30П1М	2	—	0	0,15

Цифровые индексы (порядковые номера) сопротивлений соответствуют порядковым номерам телефонных гнезд, в которые должны включаться эти сопротивления.

Супергетеродин РЛ-1*

Приемник РЛ-1 является четырехламповым супергетеродином, рассчитанным на прием радиовещательных станций в диапазоне длинных (2 000—750 *м*), средних (550—200 *м*) и коротких (50—16 *м*) волн.

* Б. Н. Хитров, Всеволновый супер, «Радио», 1947, № 1.



Фиг. 1. Принципиальная схема приемника РЛ-1.

Приемник прост в обращении и дает устойчивый прием дальних станций на нормальную наружную антенну и мощных дальних станций на комнатную антенну. Питание приемника производится от сети переменного тока 127 или 220 *в*.

Изготовление приемника РЛ-1 доступно радиолюбителю средней квалификации.

СХЕМА. Принципиальная схема приемника РЛ-1 показана на фиг. 1.

Первая лампа 6А8 работает преобразователем частоты. Вторая лампа 6К7 или 6К9С усиливает колебания промежуточной частоты. Третья лампа 6Г7 работает детектором и усилителем низкой частоты. Четвертая лампа 6Ф6С является выходной.

Связь настраивающихся входных контуров с антенной индуктивная. Коротковолновые катушки включены между переключателем и соответствующими электродами лампы. Вследствие этого переключатель диапазонов при приеме коротких волн оказывается присоединенным к заземленному концу катушки и не вносит в контур дополнительной емкости. В результате этого собственная начальная емкость коротковолнового контура получается небольшой и даже при агрегате конденсаторов с относительно большой начальной емкостью легко удается перекрыть диапазон от 16 до 50 *м*. На диапазонах средних и длинных волн коротковолновые катушки остаются включенными в контур.

Левый по схеме диод лампы 6Г7 служит для детектирования, а правый — используется для автоматической регулировки усиления (АРУ) с «задержкой». Задерживающее напряжение (3 *в*) получается за счет падения напряжения на сопротивлениях R_{15} и R_{16}, включенных в цепь минуса анодного питания. При такой схеме АРУ работает только при приеме станций, напряжение от которых на диоде превысит величину напряжения задержки. Начальное смещение, а также напряжение АРУ подаются на лампы 6А8 и 6К7 через фильтр R_4 C_{17}.

Триодная часть лампы 6Г7 служит для предварительного усиления низкой частоты. Смещение (—1,5 *в*) на ее сетку подается с сопротивления R_{15} через сопротивления R_{12} и R_{10}.

Для улучшения частотной характеристики усилителя низкой частоты в приемнике применяется отрицательная обратная связь, подаваемая со вторичной обмотки выходного трансформатора $Тр_3$ в цепь сетки лампы 6Г7.

В цепь отрицательной обратной связи включены конденсаторы $C_{22}C_{26}$ и сопротивления R_7R_{11}. Емкостное сопротивление конденсатора C_{26} на низких частотах возрастает, отрицательная обратная связь уменьшается, и усиление на этих частотах возрастает. С увеличением частоты емкостное сопротивление конденсатора C_{22} падает, а сопротивление участка $C_{22}R_7$ уменьшается, что вызывает ослабление отрицательной обратной связи для этих частот и,

следовательно, усиление также увеличивается. В результате получается подъем усиления на низких и высоких частотах по сравнению с усилением на средних частотах и звучание приемника приобретает приятный тембр.

Другая особенность примененной схемы отрицательной обратной связи заключается в том, что создаваемый ею подъем усиления на низких и высоких частотах при уменьшении громкости передачи возрастает, что компенсирует особенность нашего слуха хуже воспринимать колебания низких и высоких частот при уменьшении громкости.

Работа регулятора тона также основана на использовании отрицательной обратной связи, которая подается с анода лампы 6Ф6С в ее цепь сетки через конденсатор C_{29} небольшой емкости и потому действует только на высоких частотах. Величина этой обратной связи зависит от положения движка потенциометра R_{14}. Когда движок находится в крайнем верхнем положении, конденсатор C_{29} оказывается включенным непосредственно между сеткой и анодом лампы 6Ф6С и усиление на высоких частотах значительно уменьшается.

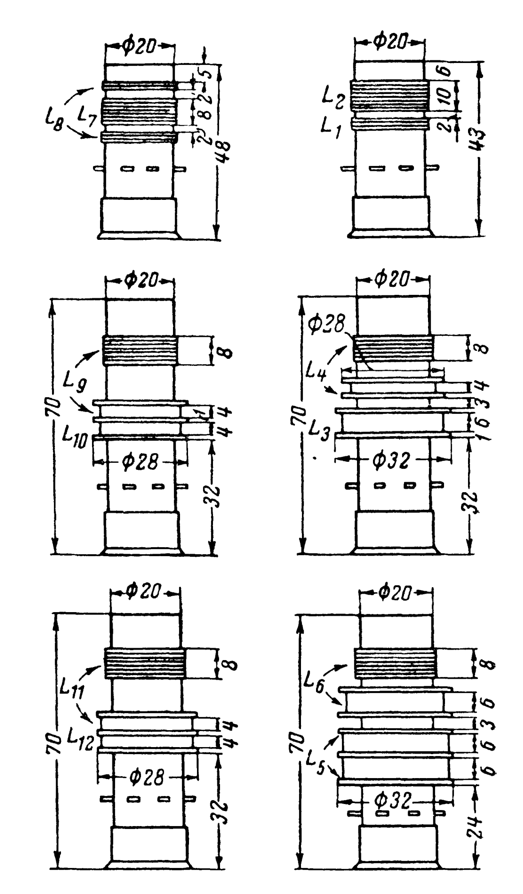
Выпрямитель приемника двухполупериодный с кенотроном 5Ц4С.

ДЕТАЛИ. Для постройки приемника необходимо приобрести следующие готовые детали: 1) блок конденсаторов переменной емкости до 500 *пф,* 2) трансформаторы промежуточной частоты на 460 *кгц,* 3) переключатель диапазонов с двумя двухсекционными платами на три положения каждая, 4) силовой трансформатор, 5) ламповые панельки, 6) два переменных сопротивления по 0,5 *мгом* (одно желательно с выключателем), 7) динамик с подмагничиванием (например, типа 2ГДП-3) и 8) набор конденсаторов и сопротивлений, указанных на схеме.

Для контуров можно использовать катушки от приемников «Салют», «Родина» и т. п.

При отсутствии подходящих контурных катушек их можно сделать, руководствуясь фиг. 2 и приводимой ниже таблицей.

Все катушки приемника наматываются на бумажных гильзах диаметром 20 *мм* (от охотничьего ружья). Коротковолновые катушки од-



Фиг. 2. Катушки приемника РЛ-1.

нослойные, а катушки средневолновые и длинноволновые намотаны навалом между щечками.

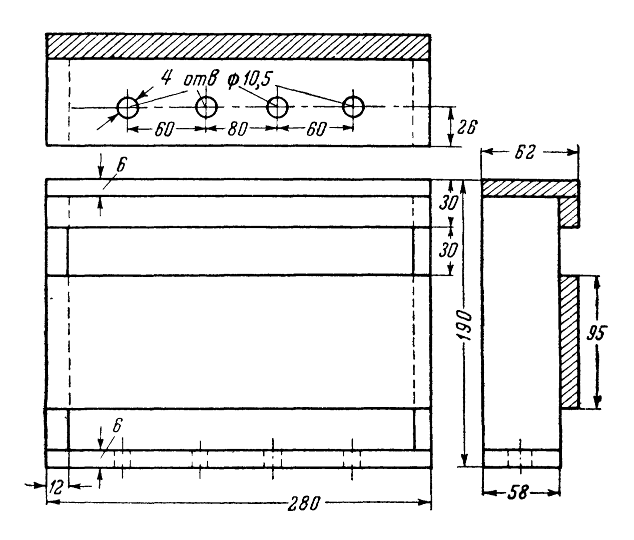
Катушки L_4, L_6, L_9 и L_{11} имеют дополнительные секции для подстройки. Эти секции наматываются на склеенных из прессшпана кольцах диаметром 20 *мм* и шириной 8 *мм.* Обмотка на кольце катушки L_6 укладывается в два слоя, а у всех остальных в один слой.

В нижней части каркаса каждой катушки из монтажного провода делаются скобки, которые служат для присоединения выводов от катушек и соединения их со схемой.

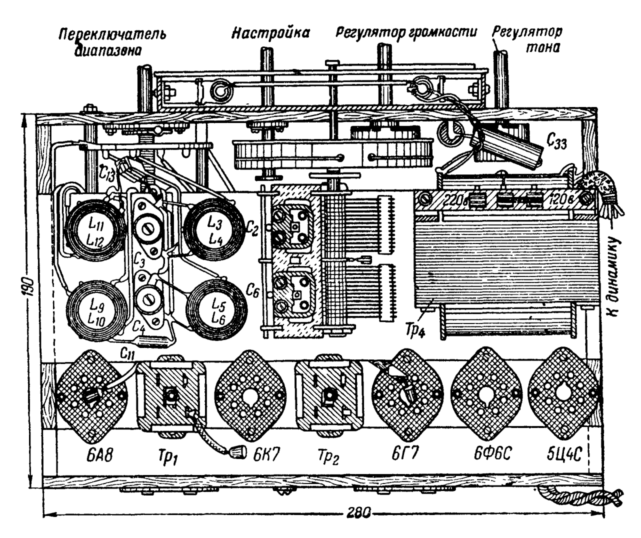
Экранов и магнетитовых сердечников катушки не имеют.

МОНТАЖ. Все детали монтируются на металлическом или деревянном шасси (фиг. 3).

Катушки	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}	L_{11}	L_{12}
Число витков .	10	7	250	60+20	500+500	270+40	6,75	5+5	50+15	40	110+20	60
Провод	ПЭШО 0,15	ПЭ 0,8	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,10	ПЭШО 0,15	ПЭ 0,8	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15	ПЭШО 0,15

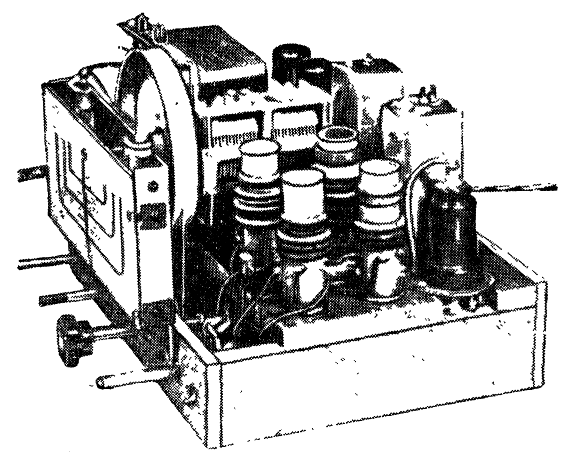


Фиг. 3. Шасси приемника РЛ-1.



Фиг. 4. Расположение деталей на панели шасси приемника.

Фиг. 5. Расположение деталей под панелью шасси приемника.



Фиг. 6. Общий вид собранного приемника.

Динамик укрепляется непосредственно в ящике.

Расположение деталей приемника на шасси и монтажная схема приведены на фиг. 4 и 5.

Коротковолновые катушки располагаются под шасси, причем катушка гетеродинного контура располагается ближе к лампе 6А8. Все остальные катушки находятся сверху. Ближе к блоку конденсаторов расположены антенные катушки.

Общий вид собранного приемника РЛ-1 (без ящика) показан на фиг. 6.

Налаживание приемника РЛ-1 производится в соответствии с указаниями в гл. 11 (стр. 197).

От составителя

Приемник РЛ-1 весьма популярен среди радиолюбителей. Он прост, не требует для своего изготовления дефицитных материалов и в то же время дает уверенный прием многих радиовещательных станций при хорошем качестве звучания.

Монтировать приемник желательно на металлическом шасси, так как при монтаже на деревянном шасси приемник имеет склонность к самовозбуждению.

Радиолюбители, которые сделают этот приемник и получат некоторый опыт в конструировании супергетеродинов, могут затем приступить к его модернизации (добавление ступени усиления высокой частоты и оптического указателя настройки, повышение коэффициента усиления низкочастотной части приемника и т. д.).

Для этого можно рекомендовать описание радиолюбительского супергетеродина, помещенного в журнале «Радио» № 8 за 1950 г. и в книге В. В. Енютина «Шестнадцать радиолюбительских схем», изданной Госэнергоиздатом в 1951 г.

Литература

Книги

Н. С. Борисов, Приемник местного приема (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Даны описания приемника 0-V-1 с кенотронным выпрямителем и силовым трансформатором и его варианта с бестрансформаторным питанием. Для питания анодных цепей в этом случае используется селеновый выпрямитель. Приемник имеет фиксированную настройку на две радиостанции в длинноволновом диапазоне и три — в средневолновом.

И. Спижевский, Сельские ламповые радиоприемники, Изд. «Московский рабочий», 1949.

Главное внимание в брошюре уделено обращению с приемниками «Родина» и «Родина-47», уходу за ними и устранению мелких неполадок.

В. К. Лабутин, Простейшие радиолюбительские конструкции (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Рассчитана на начинающего радиолюбителя и является продолжением книжки «Я хочу стать радиолюбителем» того же автора. Содержит описания устройства и принципов работы детекторного приемника, усилителей низкой частоты к нему, сетевого и батарейного приемников прямого усиления, радиограммофона и коротковолнового конвертера.

Массовые радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описаны премированные на 7-й Всесоюзной заочной радиовыставке радиолюбительские приемники: всеволновый супергетеродин А. Пучкова, четырехламповая радиола А. Кулешова, всеволновый супергетеродин А. Сенькина, приемник-радиоточка М. Мальченко, приемник прямого усиления И. Турлапова, батарейный супергетеродин «Колхозник-Сибиряк» И. Мурачева, приемник сельского радиолюбителя К. Кондратова и ряд детекторных приемников.

Е. А. Левитин, Параметры радиоприемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

В. В. Енютин, Шестнадцать радиолюбительских схем (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Собраны практические схемы и описания конструкций любительских приемников и усилителей. Часть книги посвящена практическим советам по монтажу и налаживанию приемников.

А. В. Комаров, Массовые сетевые радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Содержит описания массовых радиовещательных приемников АРЗ-49, «Москвич» и др. Имеет разделы, посвященные установке радиоприемников, обращению с ними, устранению простейших неисправностей, а также объяснению принципов работы приемника. Рассчитана на начинающих радиолюбителей и радиослушателей.

Любительские батарейные радиоприемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Е. А. Левитин, Рабочие режимы ламп в приемниках (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Разъясняется, что такое рабочий режим ламп, чем он определяется и как его следует выбирать, чтобы обеспечить наиболее выгодное использование ламп в приемнике.

А. А. Куликовский, Новое в технике радиоприема (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Содержит обзор новинок техники радиоприема, которые могут быть использованы радиолюбителями и руководителями радиокружков при конструировании само-

дельных радиоприемников и другой радиоаппаратуры. Рассчитана на квалифицированных радиолюбителей.

Приемники на любительской выставке (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Описание лучших радиоприемников, экспонировавшихся на 8-й Всесоюзной заочной радиовыставке. Среди них: малогабаритный пятиламповый супергетеродин с универсальным питанием П. Ф. Петрова, трехламповый простой супергетеродин «Комсомолец» Ю. А. Магакяна, пятиламповый супергетеродин с универсальным питанием «Малютка» М. А. Мальченко, всеволновая радиола А. И. Тучкова, всеволновая концертная радиола Л. И. Кастальского, простой одноламповый 0-V-1 на лампе 6Н7С В. И. Зюзина, экономичный батарейный приемник Е. М. Дмитриенко, две батарейные передвижки и детекторный приемник, рассчитанный на прием двух станций, А. И. Юрлова.

А. Н. Ветчинкин, Простейшие сетевые приемники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Описываются схемы и конструкции семи простых приемников прямого усиления, имеющих от одной до трех ламп. Даются указания по изготовлению некоторых деталей для этих приемников.

В. В. Енютин, Шестнадцать радиолюбительских схем (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951 (второе, переработанное издание).

В. Г. Борисов, Юный радиолюбитель (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

В форме бесед излагается элементарная электрорадиотехника, принцип работы приемников и усилителей, приводятся 10 конструкций для начинающих радиолюбителей.

Ю. Н. Прозоровский, Радиоприемники для местного приема (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Аппаратура для сельской радиофикации (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Описаны экспонаты 8-й Всесоюзной радиовыставки — детекторные и ламповые радиоприемники для приема местных станций, а также усилительная приставка к приемнику «Родина» и батарейный радиотрансляционный узел мощностью 3—5 *вт.*

М. Д. Ганзбург, Экономичный батарейный супергетеродин (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Описание конструкции простого супергетеродина на лампах малогабаритной серии.

Р. М. Малинин, Усилители низкой частоты (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описываются простые самодельные усилители с универсальным питанием. Излагаются принципы действия усилителей, приводятся их подробные монтажные схемы и указания по налаживанию.

Е. А. Левитин, Выходная ступень радиоприемника (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Что такое выходная мощность и от чего она зависит, сведения о показателях, характеризующих работу выходных ступеней радиоприемников и усилителей и способы расчета таких ступеней.

И. П. Жеребцов, Радиотехника, Связьиздат, 1953.

С. Кин, Азбука радиотехники (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Ю. Н. Прозоровский, Радиограммофон (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Описание конструкции и принципа работы радиограммофона.

И. М. Бардах, Самодельные усилители для радиоузлов (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Описание двух самодельных маломощных усилителей для радиофикации школ, небольших рабочих поселков и колхозов.

Статьи

И. Спижевский, Батарейный 1-V-0 для местного приема, «Радио», 1949, № 11.

Описание приемника И. А Спирова, премированного на 8-й Всесоюзной радиовыставке.

Г. Федосеев, Одноламповый 1-V-1, «Радио», 1949, № 12.

Описание дешевого и экономичного приемника, рассчитанного на прием двух-трех ближайших радиостанций, работающего на лампе 6Б8С от электросети 220 *в.*

Б. Хитров, Походный радиоприемник, «Радио», 1948, № 10. Описание двухламповой радиопередвижки, предназначенной для приема на телефонные трубки.

А. Нефедов, 0-V-1 на пальчиковых лампах, «Радио», 1949, № 9.

Описание приемника с фиксированной настройкой.

Б. Левандовский, Переделка приемника «Комсомолец» в 0-V-1, «Радио», 1949, № 10.

В. Егоров, О схемах регулировки обратной связи, «Радио», 1950, № 1.

Ф. Тарасов, Одноламповый на постоянном токе, «Радио», 1950, № 3.

Подробное описание оригинального приемника, почти целиком изготовляемого из подручных материалов.

А. Нефедов, Приемник прямого усиления для радиолы, «Радио», 1950, № 5.

Л. Полевой, Избирательность, «Радио», 1949, № 2.

Л. Полевой, Естественность воспроизведения, «Радио», 1949, № 3.

М. Ганзбург, Батарейный приемник из заводских деталей, «Радио», 1950, № 3.

В. Чернявский, Батарейный радиоприемник с низким анодным напряжением, «Радио», 1950, № 3.

Двухламповый батарейный приемник, «Радио», 1950, № 7.

Б. Сметанин, Приемник с фиксированной настройкой, «Радио», 1951, № 1.

М. Давыдов, Простейший сетевой радиоприемник, «Радио», 1951, № 1.

Н. Щедров, Радиоприемник по схеме 1-V-0 с низким анодным напряжением, «Радио», 1951, № 3.

В. Монахов, Батарейный 0-V-1, «Радио», 1951, № 4.

А. Нефедов, Батарейный 1-V-1, «Радио», 1951, № 8.

Р. Михайлов, Двухламповый усилитель, «Радио», 1949, № 9. Усилитель к детекторному приемнику, «Радио», 1949, № 12.

К. Дроздов и А. Фридман, Универсальный усилитель, «Радио», 1949, № 12.

Б. Левандовский, Простейший школьный радиоузел, «Радио», 1950, № 1.

С. Жунтов, Усилитель для приемника «Комсомолец», «Радио», 1951, № 9.

В. Чернявский, Экономичная выходная ступень, «Радио», 1951, № 10.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

СБОРКА РАДИОПРИЕМНИКА

Выбор деталей[1]

Перед нами — схема, по которой будет собираться приемник. Для того чтобы построить по ней приемник, нужно проделать ряд подготовительных операций, первая из которых — выбор деталей.

Для каждой детали приемника на схеме обычно указывается только ее электрическая величина (емкость конденсаторов в микрофарадах или пикофарадах, величина сопротивлений в омах или мегомах и т. д.). Но для правильного выбора детали этого недостаточно. Радиолюбитель-конструктор должен также учитывать напряжения и токи, действующие в разных участках схемы.

Чтобы радиолюбителю легче было разобраться в этом вопросе, здесь говорится отдельно о каждом типе деталей применительно к схеме наиболее типичного радиолюбительского приемника — четырехлампового супергетеродина РЛ-1 (см. фиг. 1 на стр. 177).

СОПРОТИВЛЕНИЯ. Постоянные сопротивления по своей конструкции разделяются на проволочные и непроволочные. Первые ставятся в те участки схемы, где проходят сравнительно большие токи. В схеме РЛ-1 проволочными являются только сопротивления R_{15}, R_{16} и R_{17}.

Величина любого сопротивления в приемнике без заметного ущерба для его работы может отклоняться в пределах $\pm 20\%$ от значения, указанного на схеме. Так, например, вместо сопротивления в 100 000 *ом* можно ставить сопротивления от 80 000 до 120 000 *ом*.

Непроволочные сопротивления (ТО, ВС) различаются не только по величине сопротивления, но и по мощности. Наиболее употребительны сопротивления, рассчитанные на мощности 0,25, 0,5 и 2 *вт*.

Если пропускать через сопротивление чрезмерно большой ток, то оно будет сильно нагреваться и в короткое время разрушится. Чем больше расходуемая в сопротивлении мощность, тем оно сильнее нагревается. Выбирать сопротивления по допустимой мощности следует тогда, когда известно, что в цепях, где стоит сопротивление, проходит сравнительно большой ток (обычно — это сопротивления в анодных, экранных и катодных цепях ламп).

В тех случаях, когда радиолюбителю кажется, что мощность, выделяющаяся в выбранном сопротивлении, превышает допустимую, следует произвести расчет мощности по формуле

$$P = \frac{I^2R}{1\,000\,000},$$

где P — мощность, *вт*;

I — ток, протекающий через сопротивление, *ма*;

R — сопротивление, *ом*.

Так, на схеме РЛ-1 по сопротивлению $R_3 = 29\,000$ *ом*, включенному в общую экранную цепь первых двух ламп, проходит ток 5 *ма*. Выделяющаяся в этом сопротивлении мощность составит:

$$P = \frac{5^2 \cdot 29\,000}{1\,000\,000} = 0{,}725 \text{ вт}.$$

Следовательно, в данном случае нужно взять сопротивление, рассчитанное на допустимую мощность в 1 *вт*.

Если у радиолюбителя такого сопротивления не окажется, то можно взять три или четыре сопротивления по 0,25 *вт* и соединить их между собой последовательно или параллельно; тогда мощность распределится между ними равномерно. В данном случае следует взять три сопротивления, причем при последовательном соединении величина каждого из них

[1] З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Выбор деталей, «Радио», 1949, № 10.

должна составлять 9 700 *ом*, а при параллельном — 87 000 *ом*.

Из проволочных сопротивлений в приемных схемах применяются только низкоомные. Например, в схеме РЛ-1 такими сопротивлениями являются: $R_{15} = 20$ *ом*, $R_{16} = 20$ *ом* и $R_{17} = 180$ *ом*. Такие сопротивления радиолюбителю часто приходится делать самому из провода с большим удельным сопротивлением, например из никелина (удельное сопротивление 0,4) или нихрома (удельное сопротивление 1). Для того чтобы сопротивление не сильно нагревалось, провод должен быть достаточной толщины. Так, для тока до 50 *ма* берется проволока диаметром 0,15 *мм*, а от 50 до 100 *ма* — 0,2 *мм*.

Необходимая длина провода определяется по формуле

$$l = \frac{0{,}785Rd^2}{\rho},$$

где R — сопротивление провода, *ом*;
ρ — удельное сопротивление;
l — длина провода, *м*;
d — диаметр провода, *мм*.

В качестве примера рассмотрим сопротивление $R_{17} = 180$ *ом*, через которое проходит ток 60 *ма*. Берем нихромовый провод диаметром 0,2 *мм*. Необходимая его длина

$$l = \frac{0{,}785 \cdot 180 \cdot 0{,}2^2}{1} = 5{,}55 \text{ м}.$$

Переменные сопротивления применяются главным образом для регулировки громкости (R_6) и тембра (R_{14}). Для этих целей служат непроволочные сопротивления, величина которых обычно измеряется сотнями тысяч ом.

Некоторые переменные сопротивления снабжаются выключателем тока электросети. Их лучше всего применять в качестве регуляторов громкости.

КОНДЕНСАТОРЫ. Применяющиеся в приемниках конденсаторы можно разделить на следующие группы: 1) конденсаторы колебательных контуров, которые могут быть переменными (например, C_2), подстроечными (C_1, C_3 и C_4) и постоянными (C_{15}, C_{16}, C_{19}, C_{20}); 2) разделительные конденсаторы (C_{23}, C_{28}); 3) блокировочные конденсаторы (C_{18}, C_{21}); 4) конденсаторы фильтра (C_{31}, C_{32}).

Емкости конденсаторов, предназначенных для колебательных контуров приемника, должны по возможности точно совпадать с величинами, указанными на схеме. В противном случае потребуется изменение расчетных данных катушек, с тем чтобы сохранить перекрытие заданного диапазона волн.

От качеств конденсаторов, стоящих в колебательном контуре, в значительной степени зависит качество работы приемника. Например, конденсаторы переменной емкости C_2 и C_6 лучше всего применять с воздушным диэлектриком, так как они обладают меньшими потерями по сравнению с конденсаторами, имеющими твердый диэлектрик.

Радиолюбители, как правило, пользуются готовыми заводскими конденсаторами переменной емкости (чаще всего агрегатами). Они более или менее одинаковы как по емкости, так и по геометрическим размерам. Подстроечные же конденсаторы радиолюбители довольно часто изготовляют сами.

Следует учесть, что подстроечный конденсатор также должен обладать наименьшими потерями; поэтому лучше всего применять заводские подстроечные конденсаторы с воздушным или керамическим диэлектриком.

Постоянные конденсаторы для контуров также желательно применять с керамическим диэлектриком. Несколько хуже слюдяные конденсаторы. Конденсаторы с бумажным диэлектриком в эти участки схемы не рекомендуется ставить, так как они обладают сравнительно большими потерями и емкость их непостоянна.

Емкость разделительных конденсаторов может не совпадать с данными схемы — отклонение ее до $+50\%$ не играет особой роли. Так, емкость конденсатора $C_{23} = 5\,000$ *пф* можно изменить до 7 000—8 000 *пф*.

Особое внимание следует обращать на качество изоляции разделительных конденсаторов. Наиболее надежными в этом отношении являются керамические и слюдяные конденсаторы, но они изготовляются только сравнительно небольшой емкости. Поэтому иногда приходится применять конденсаторы с бумажным диэлектриком, но они должны обладать высокой изоляцией (не менее 100 *мгом*), иначе через конденсатор будет проходить ток утечки, который нарушит нормальный режим работы последующей ступени.

Разделительный конденсатор должен допускать рабочее напряжение не ниже удвоенного напряжения анодного источника тока, в нашем случае — не менее 500 *в*.

В схемах обычно указываются минимальные величины емкости блокировочных конденсаторов. Поэтому не следует применять в качестве блокировочных конденсаторы, емкость которых меньше указанной в схеме, увеличение же их емкости допустимо.

Блокировочные конденсаторы должны допускать рабочее напряжение не меньше двойного напряжения источника тока.

Конденсаторы фильтра могут быть бумажные и электролитические. Все сказанное о блокировочных конденсаторах полностью относится и к конденсаторам фильтра.

Конденсаторы фильтра после включения приемника в сеть, пока лампы не разогрелись и нагрузка на выпрямителе отсутствует, заряжаются до амплитудного значения выпрямленного напряжения, примерно в 1,5 раза превосходящего нормальное напряжение анодной цепи. Поэтому рабочее напряжение таких конденсаторов должно быть в 1,5—2 раза выше анодного напряжения приемника.

Электролитические конденсаторы хорошо работают в фильтре только тогда, когда они обладают небольшим током утечки — не более 0,1 *ма* на каждую микрофараду емкости.

КАТУШКИ. В большинстве случаев радиолюбитель изготовляет катушки сам, так как в продаже они встречаются редко, или же переделывает имеющиеся катушки применительно к конструкции собираемого приемника.

Данные обмоток катушек радиолюбители берут из описания или рассчитывают. Величина индуктивности каждой катушки определяется диапазоном приемника. Поскольку же диапазоны волн всех радиовещательных приемников стандартны, то выбор катушек ограничивается лишь их конструкцией. Для снижения потерь в катушке приходится применять провод с возможно большим диаметром, а также специальный так называемый «универсальный» способ намотки и ряд других мер. Но при использовании толстого провода увеличиваются размеры катушки, что бывает неудобно. Чрезмерное уменьшение габаритов контурных катушек неизбежно снижает их электрические качества. Наиболее пригодными для радиолюбительских конструкций являются катушки с диаметром каркаса от 20 до 30 *мм*.

Катушки фильтров промежуточной частоты (Tp_1 и Tp_2) часто встречаются в продаже, и их можно установить в любом самодельном супергетеродине. Надо лишь выбирать такой фильтр, который рассчитан на промежуточную частоту приемника (например, 465 *кгц*).

СИЛОВОЙ И ВЫХОДНОЙ ТРАНСФОРМАТОРЫ. Силовой трансформатор должен иметь нужное число обмоток, обеспечивающих необходимые напряжения и токи для питания анодных и накальных цепей приемника. Мощность трансформатора, т. е. мощность, которую способны давать все его вторичные обмотки, должна равняться общей мощности, потребляемой анодной цепью и цепями накала ламп приемника и кенотрона выпрямителя. Зная данные примененных ламп, можно легко подсчитать эти мощности.

Общий анодный ток ламп приемника РЛ-1 (лампы 6А8, 6К7, 6Г7 и 6Ф6С) при напряжении 250 *в* составляет 60 *ма* (0,06 *а*) и поэтому мощность, потребляемая анодной цепью, равна $250 \cdot 0{,}06 = 15$ *вт*.

На питание нити накала кенотрона 5Ц4С требуется мощность $5 \cdot 2 = 10$ *вт*, а на питание нитей накала всех ламп приемника при общем токе в 1,6 *а* и напряжении накала 6,3 *в* расходуется мощность $6{,}3 \cdot 1{,}6 = 10$ *вт*. Кроме того, на питание двух лампочек для освещения шкалы приемника (напряжение 6,3 *в*, ток 0,25 *а*) расходуется мощность $6{,}3 \cdot 2 \cdot 0{,}25 = 3{,}15$ *вт*.

Таким образом, общая мощность, которую должен давать силовой трансформатор, составит:

$$P_0 = 15 + 10 + 10 + 3{,}15 \approx 38 \ вт.$$

Учитывая коэффициент полезного действия, который для трансформаторов небольшой мощности можно считать равным не более 70—75%, определим мощность P, потребляемую трансформатором из электросети:

$$P = \frac{38 \cdot 100}{70} = 54{,}3 \ вт \approx 55 \ вт.$$

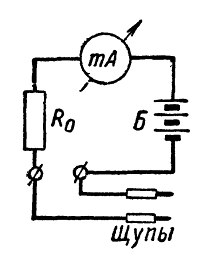
На выборе выходных трансформаторов нет надобности останавливаться, так как эта деталь имеется при каждом динамике. У ряда динамиков сетевых радиовещательных приемников первичные обмотки выходных трансформаторов рассчитаны под лампу 6Ф6С. Следовательно, такой трансформатор подойдет и к любому самодельному приемнику, у которого на выходе применяется эта лампа.

Проверка деталей[1]

Прежде чем приступить к монтажу отобранных для приемника деталей, часто случайно приобретенных, нужно обязательно убедиться в их исправности. В собранном приемнике обнаружить и устранить повреждение в той или иной детали значительно труднее.

Один только внешний осмотр деталей не дает полной уверенности в их исправности. Каждую деталь надо еще проверить с помощью электрического прибора. Такая проверка сводится к выяснению, нет ли в данной детали обрыва или короткого замыкания и достаточно ли надежна ее изоляция.

[1] З. Гинзбург и Ф. Тарасов, Проверка деталей, «Радио», 1949, № 12.



Фиг. 1. Схема простейшего пробника.

Проверку можно производить с помощью широко известного прибора, называемого авометром, или в крайнем случае — простейшим пробником (см. стр. 186).

Простейший пробник (фиг. 1) обычно состоит из какого-либо источника тока *Б* (например, батарейки от карманного фонаря) и измерительного прибора *mA* (чаще всего миллиамперметра).

В цепь последовательно с измерительным прибором включается добавочное сопротивление R_0 такой величины, чтобы при замыкании цепи пробника стрелка прибора отклонялась до конца шкалы.

Величину сопротивления R_0 подбирают опытным путем или рассчитывают по формуле

$$R_0 = 1\,000\frac{U}{I},$$

где R_0 — добавочное сопротивление, *ом*;
U — напряжение источника тока, *в*;
I — ток, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу, *ма*.

Например, если напряжение батареи *Б* равно 4 *в* и полное отклонение стрелки прибора получается при токе в 10 *ма*, то величина добавочного сопротивления

$$R_0 = 1\,000\frac{4}{10} = 400 \text{ ом}.$$

Нет необходимости точно подбирать величину сопротивления, потому что пробник является не измерительным прибором, а лишь индикатором (сигнализатором) наличия тока в проверяемой цепи. Поэтому расчетным путем определяется лишь примерная величина добавочного сопротивления. Отклонения величины этого сопротивления от расчетной до ±30% вполне допустимы.

Для большего удобства обращения с пробником надо выводные его концы выполнить в виде так называемых щупов.

Щуп можно сделать из куска медной проволоки диаметром 1,5—2,5 *мм* и длиной 15—20 *см*. Один из концов проволоки заостряется, а ко второму концу припаивается гибкий изолированный провод. На щуп надевается изоляционная трубка, а место соединения щупа с гибким проводом плотно обматывается изоляционной лентой. Провода от щупов присоединяются к соответствующим зажимам пробника.

Проверка пробником занимает немного времени и в большинстве случаев дает достаточно правильное представление о пригодности той или иной детали для установки в приемнике.

Изготовление катушек[1]

В современных радиоприемниках применяются чаще всего цилиндрические катушки малых размеров. Исключение составляют катушки для детекторных приемников, где большие размеры катушек способствуют улучшению приема.

По виду намотки катушки бывают однослойные и многослойные. Первые из них применяются главным образом в контурах коротковолновых диапазонов. Вторые используются в длинноволновых диапазонах, а также в качестве дросселей, включаемых во вспомогательные цепи. Средневолновые катушки наматываются и тем и другим способом.

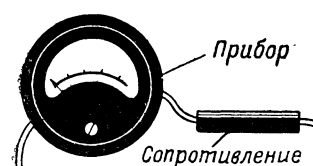
ОДНОСЛОЙНЫЕ КАТУШКИ. Однослойные катушки наматываются чаще всего на каркасе цилиндрической формы. В зависимости от длины обмотки и числа витков провод наматывается плотно — виток к витку, или же с так называемым принудительным шагом, т. е. с некоторым расстоянием между витками. В последнем случае для намотки можно применить неизолированный провод. Витки катушки должны плотно прилегать к поверхности каркаса и не смещаться в стороны.

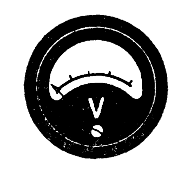
Одну или несколько катушек можно намотать без станочка. Перед намоткой возле начала обмотки в каркасе делаются два отверстия, в которых закрепляется конец проволоки. Затем, одной рукой вращая каркас, а другой натягивая проволоку, ровно укладывают витки обмотки. По окончании намотки закрепляют второй конец проволоки таким же способом, как и начало катушки (фиг. 1). Отводы от катушек, когда они необходимы, проще всего делать в виде петель, не обрывая наматываемого провода. Петли туго скручиваются и пропускаются через отверстия внутрь каркаса.

Если витки катушки должны наматываться принудительным шагом, то намотка ведется с дополнительной проволокой, ниткой или шнуром соответствующей толщины, которые наматываются одновременно с проволокой обмотки. По окончании намотки ненужная проволока или нитка сматывается с каркаса и между витками катушки остаются одинаковые по размерам свободные промежутки.

[1] По разным источникам.

ПРОБНИК И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ[1]







Прибором может служить любой вольтметр со шкалой до 4-5в или миллиамперметр со шкалой до 10-15ма

В радиолюбительской практике пробником называется цепь, составленная из измерительного прибора, источника тока и сопротивления

Источник тока

Металлические наконечники

Изолятор

Провод

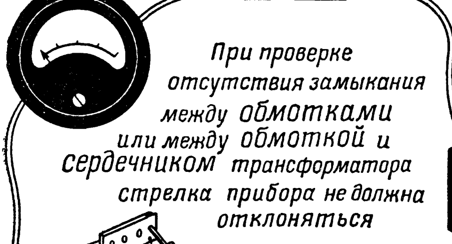
При испытании катушки стрелка прибора должна отклониться почти до конца шкалы

Источник тока и сопротивление подбираются так, чтобы при замыкании цепи пробника накоротко стрелка прибора отклонилась до конца шкалы

При испытании конденсаторов стрелка прибора не должна отклоняться. Если емкость конденсатора велика, то стрелка после небольшого броска должна возвратиться к нулю

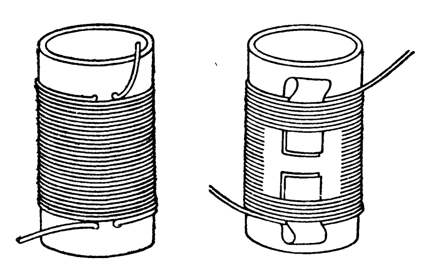
При испытании обмоток трансформаторов и дросселей низкой частоты стрелка прибора устанавливается между нулем и концом шкалы

При испытании высокоомных сопротивлений стрелка прибора совсем не должна отклоняться, при испытании низкоомных сопротивлений должна отклониться на несколько делений



При проверке отсутствия замыкания между обмотками или между обмоткой и сердечником трансформатора стрелка прибора не должна отклоняться

[1] «Радио», 1948, № 11.



Фиг. 1. Закрепление концов намотки.

Проволоку для намотки однослойных катушек можно применять разных диаметров, но число витков и длина намотки должны оставаться неизменными.

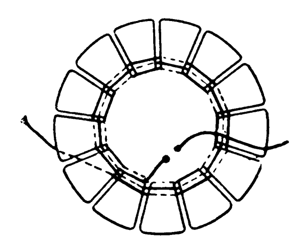
ПЛОСКИЕ КАТУШКИ. В простейших приемниках иногда применяются плоские, так называемые корзиночные катушки. Такие катушки наматываются на каркасе, изображенном на фиг. 2.

Каркас изготовляется из толстого картона, тонкой фанеры или другого изоляционного материала. Число вырезов в каркасе может быть любое, но обязательно нечетное, так как иначе не получится корзиночное расположение витков катушки. Глубину вырезов не следует делать более половины радиуса каркаса.

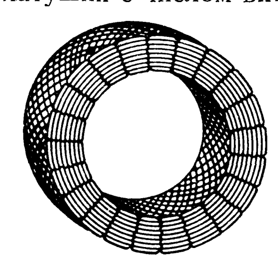
Витки катушки наматываются зигзагообразно через один вырез, а концы провода закрепляются в отверстиях каркаса. Общее число витков у такой катушки соответствует числу полных оборотов проволоки. У намотанной катушки общее число витков равно удвоенному числу витков, расположенных на одной из сторон каркаса.

На том же каркасе можно намотать катушку и с бо́льшим числом витков, если применить двойной шаг намотки. Для этого проволоку надо наматывать на каркас также зигзагообразно, как и в первом случае, но не через один, а через два выреза.

КАТУШКИ, НАМОТАННЫЕ «ВНАВАЛ». Величина индуктивности зависит от числа витков катушки. В контурах для настройки приемника на средневолновый и длинноволновый диапазоны применяются катушки с числом витков от нескольких десятков до нескольких сотен. Однослойные катушки с таким числом витков получаются громоздкими и занимают много места. Поэтому в современных приемниках применяются многослойные катушки с большим числом витков.

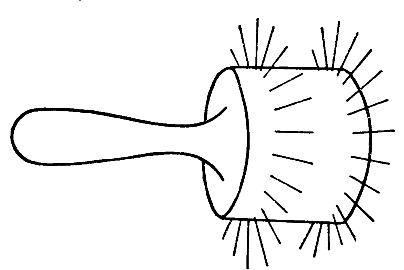


Фиг. 2. Каркас для плоской катушки.



Фиг. 3. Сотовая катушка.

Преимущество многослойных катушек — их компактность. Но если многослойную катушку наматывать обычным способом, укладывая витки одного слоя параллельно виткам другого, то между витками образуется довольно большая собственная емкость, что нежелательно, ибо качество катушки при этом значительно ухудшается. Для уменьшения собственной емкости катушки применяются различные способы намотки. Самый простой способ, который часто используется в радиолюбительской практике,— это намотка катушек «внавал» (витки укладываются без соблюдения какого-либо порядка). Намотка «внавал» производится от руки на готовом каркасе между двумя щечками.



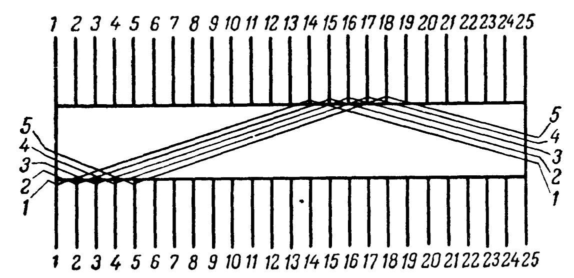
Фиг. 4. Шаблон для намотки сотовой катушки.

СОТОВАЯ КАТУШКА. Витки сотовой катушки (фиг. 3) расположены в определенном порядке, вследствие чего собственная емкость ее сводится к малой величине.

Катушка наматывается на круглом деревянном шаблоне, изображенном на фиг. 4. Диаметр шаблона чаще всего выбирают равным 50 *мм*. На поверхности шаблона просверливают тонким сверлом два ряда отверстий на глубину около 10 *мм*, в которые туго вставляют тонкие гвозди без шляпок.

Расстояние между рядами отверстий определяет ширину катушки и может быть взято любым, например 20—25 *мм*. Число отверстий для гвоздей в каждом ряду должно быть нечетным — от 17 и больше. Все отверстия каждого ряда должны быть расположены на равных расстояниях одно от другого, а соответствующие отверстия обоих рядов — друг против друга.

Разметку отверстий на шаблоне лучше всего делать так. Берется полоска миллиметровой бумаги, равная по длине окружности шабло-



Фиг. 5. Схема намотки сотовой катушки.

на, а по ширине — ширине обмотки. Эта полоска по длине делится на число равных частей, соответствующее числу гвоздей в одном ряду. Затем полоска наклеивается на шаблон.

В каждом ряду гвозди нумеруются по порядку. Между рядами гвоздей прокладывается тонкая полоска картона, на которую наматывается катушка.

Провод наматывают на болванку зигзагообразно, т. е. он поочередно переходит с гвоздя одного ряда на гвоздь второго ряда через определенное число гвоздей.

Допустим, мы имеем шаблон с 25 гвоздями в каждом ряду и решили вести намотку через 13 гвоздей. Тогда, укрепив конец провода на гвозде *1* в первом ряду, ведем проволоку наискось через 13 гвоздей к гвоздю *14* второго ряда. Обогнув этот гвоздь, ведем провод к гвоздю *2* первого ряда, а от него к гвоздю *15* второго ряда и т. д. Схема намотки такой сотовой катушки показана на фиг. 5.

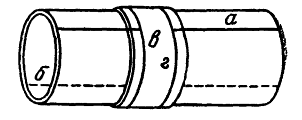
Наматывать можно и с любым другим шагом, например через 12, 7 или 6 гвоздей.

При намотке надо следить за тем, чтобы проволока ложилась виток к витку рядом и ровно; для этого проволоку необходимо все время натягивать. По окончании намотки катушка слегка пропитывается жидким раствором шеллака или в отдельных местах склеивается коллодием; затем гвозди выдергиваются и готовая катушка снимается с шаблона.

Витком катушки считается один полный оборот провода вокруг шаблона.

КАТУШКИ ТИПА «УНИВЕРСАЛЬ». В современных приемниках чаще всего применяются многослойные катушки «универсальной намотки». Такие катушки похожи на сотовые, но отличаются от них большей плотностью расположения витков и, следовательно, меньшими размерами. Они очень компактны и наматываются без шаблона на специальных станочках. Витки катушки располагаются зигзагообразно плотными рядами и перекрещиваются при одном обороте в двух или четырех местах.

Катушки универсальной намотки можно наматывать и без станка, непосредственно от руки. С первого раза обычно не удается хорошо намотать такую катушку, но после трехчетырех намоток все же можно получить удовлетворительные результаты.



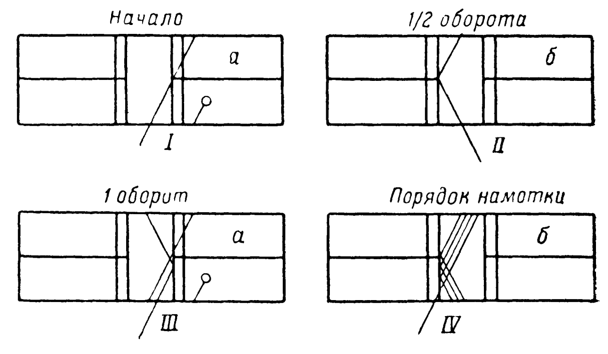
Фиг. 6. Разметка шаблона и кольца для катушек типа „Универсаль".

Катушка наматывается на бумажное колечко, надетое плотно на картонный каркас. Ширина колечка должна быть несколько больше, чем ширина наматываемой катушки. Для правильной укладки витков вдоль каркаса и на краях колечка надо провести две диаметрально противоположные ориентировочные прямые линии *а* и *б*, а по краям самого колечка — две окружности *в* и *г*, расстояние между которыми соответствует ширине катушки (фиг. 6).

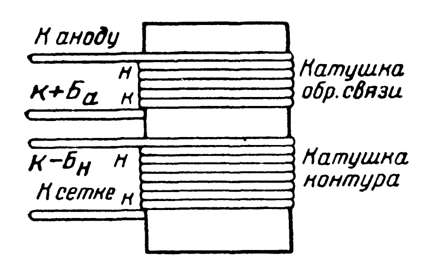
Намотка производится согласно фиг. 7.

Сначала укрепляют на каркасе провод и переводят его на колечко так, чтобы начало витка приходилось на одной из размеченных линий (*I*), а затем косым переходом доводят провод до противоположной линии, сгибают его и снова ведут к первой линии (*II*). Следующий виток укладывают так, чтобы перегиб провода проходил через первый виток и прижимал его, а провод витка шел бы дальше параллельно первому витку (*III*). Далее укладывают витки в том же порядке, т. е. вращая каркас, наматывают провод косыми переходами, сгибают его в местах переходов и ведут параллельными рядами таким образом, чтобы каждые последующие половины витков заходили на изгибах за предыдущие и прижимали их к колечку. Для того чтобы первые витки не сползали с колечка, их надо приклеить к нему лаком.

При намотке необходимо следить за тем, чтобы ширина всех слоев катушки была одинаковой, для чего надо равномерно прижимать все витки в местах их переходов.



Фиг. 7. Схема намотки катушек типа „Универсаль".



Фиг. 8. Правильное включение катушки обратной связи.

КАТУШКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ. В приемниках с обратной связью применяются дополнительные катушки, индуктивно связываемые с катушками контура. Эти дополнительные катушки называются катушками обратной связи. Чаще всего катушки контура и катушки обратной связи располагаются на одном каркасе.

Индуктивность или число витков катушек обратной связи не являются точными расчетными величинами и могут быть несколько изменены в ту или другую сторону. Важно лишь, чтобы связь между катушками была достаточной и чтобы концы катушек были включены правильно.

Правильное включение катушек контура и обратной связи показано на фиг. 8: обе катушки расположены на одном каркасе и намотаны в одинаковом направлении. В этом случае крайние, удаленные концы катушек подключаются к сетке и к аноду лампы.

Размещение деталей на шасси[1]

Рациональное расположение деталей на шасси является, пожалуй, самым ответственным этапом в конструкторской работе радиолюбителя, потому что от правильного размещения деталей в большой степени зависит качество работы приемника.

В любом даже наиболее простом радиоприемнике взаимное расположение деталей обусловлено особенностями данной конструкции. И хотя при монтаже возможны различные варианты размещения деталей, каждый из них должен подчиняться определенным правилам.

Расположение деталей должно обеспечивать удобство монтажа и компактность конструкции приемника, а также простоту обращения с ним. Все детали должны быть доступны для осмотра, проверки и ремонта.

До изготовления шасси следует на листе бумаги сделать разметку правильного расположения отобранного и проверенного комплекта деталей. Их надо располагать так, чтобы соединительные проводники получались возможно короче и чтобы между ними не могла возникать вредная электрическая связь. Для этого проводники сеточной и анодной цепей лампы надо располагать возможно дальше и под прямым углом друг к другу.

Затем площадь, занимаемая всеми деталями на бумаге, очерчивается прямыми линиями, которые и определят размеры будущего шасси. Полученный эскиз служит разметочным чертежом при изготовлении шасси.

На горизонтальной части шасси обычно располагаются ламповые панельки, детали колебательных контуров, силовой трансформатор, электролитические конденсаторы и ряд других крупных деталей. На передней вертикальной стенке монтируются детали, имеющие ручки управления: переключатель диапазонов, регуляторы громкости и тембра, шкальные устройства и т. д. На задней стенке устанавливаются гнезда или зажимы для антенны, заземления, звукоснимателя, дополнительного громкоговорителя и пр.

По возможности детали надо устанавливать так, чтобы их выводные контакты находились с внутренней стороны шасси и были удобно расположены для выполнения монтажа. Детали, относящиеся к одной ступени, следует группировать около своей лампы, с тем чтобы соединительные проводники получались наиболее короткими.

Рассмотрим размещение деталей на шасси конкретной радиолюбительской конструкции — приемника типа РЛ-1 (см. фиг. 4 и 5 на стр. 179).

В данном приемнике агрегат конденсаторов переменной емкости установлен в середине горизонтальной части шасси, хотя такое его расположение не является единственно возможным. Решение этого вопроса зависит от типа выбранной шкалы настройки, а также от общего конструктивного оформления приемника.

Современные шкалы настройки можно разделить на два основных вида. К первому относятся шкалы, у которых указательная стрелка крепится непосредственно на оси конденсатора переменной емкости. Следовательно, расположение такой шкалы связано с местом установки последнего. У шкал второго вида указательная стрелка связывается с осью конденсатора не непосредственно, а при помощи тросика. Такую шкалу практически можно располагать в любом месте.

Конструктивное оформление приемника также может быть двух видов: горизонтальное и вертикальное. В первом случае шкала на-

[1] «Радио», 1950, № 3.

стройки и громкоговоритель располагаются рядом, а во втором — громкоговоритель монтируется над или под шкалой.

Шкалу следует устанавливать так, чтобы было удобно наблюдать за перемещением стрелки при настройке приемника. В настольных конструкциях она должна располагаться на высоте 10—20 *см* от нижнего края футляра приемника, а в конструкциях консольного типа на 90—110 *см* от пола. Все ручки управления приемником надо устанавливать под шкалой.

Рассмотрим теперь расположение контуров для настройки и их деталей.

Кроме катушек индуктивности и конденсаторов переменной емкости, деталями контуров являются переключатель диапазонов, подстроечные конденсаторы, сопротивления и постоянные конденсаторы развязок.

В рассматриваемой конструкции (см. фиг. 4 на стр. 179) катушки входного контура и гетеродина ($L_3 — L_6$ и $L_9 — L_{12}$) размещены на верхней панели шасси, что обеспечивает минимальную длину проводников, соединяющих эти катушки с соответствующими контактами переключателя. С этой же целью переключатель диапазонов расположен непосредственно под катушками.

Если в схеме приемника имеется ступень усиления высокой частоты, то катушки этой ступени и преобразователя частоты должны быть разделены экраном. В подобных случаях катушки ступени высокой частоты размещаются сверху шасси (если оно металлическое), а контуров преобразователя — под шасси, которое служит экраном, устраняющим взаимную связь между этими катушками.

Иногда конструктору приходится все названные катушки устанавливать рядом, в непосредственной близости друг к другу. Тогда во избежание вредных электрических связей каждую катушку помещают в отдельный металлический экран.

Для предварительной настройки контуров параллельно катушкам присоединяются подстроечные конденсаторы (в данном случае C_3 и C_4). С целью укорочения соединительных проводников их располагают на шасси между контурными катушками.

В высокочастотном узле рассматриваемого приемника агрегат конденсаторов переменной емкости расположен несколько в стороне от катушек. Напрашивается вопрос: не следует ли приблизить этот агрегат к катушкам, хотя бы за счет отдаления переключателя диапазонов?

Такое решение задачи нельзя считать правильным. Дело в том, что агрегат конденсаторов соединяется со схемой всего только четырьмя проводниками, два из которых заземляются. К переключателю же диапазонов подходит значительно большее число проводов (в данном случае больше десяти). Следовательно, для сокращения общей длины монтажных проводников выгоднее располагать катушки всех контуров как можно ближе к переключателю диапазонов. При этом каждая катушка должна иметь отдельный экран.

Катушки гетеродина надо размещать по возможности дальше от нагревающихся во время работы деталей, поскольку частота колебаний гетеродина сильно зависит от температуры. В крайнем случае их следует отделять от нагревающихся деталей перегородками из материала с низкой теплопроводностью.

В данном приемнике все детали высокочастотных контуров расположены так, что своими контактными выводами они припаиваются непосредственно к переключателю, и поэтому надобность в соединительных проводниках отпадает. Этим устраняется возможность возникновения паразитных связей.

За преобразовательной ступенью в супергетеродинном приемнике следует усилитель промежуточной частоты. Каждая ступень такого усилителя обычно состоит из трансформатора промежуточной частоты, усилительной лампы и ряда вспомогательных деталей (постоянных сопротивлений и конденсаторов).

В рассматриваемой схеме имеются два трансформатора промежуточной частоты, которые включаются между преобразовательной лампой 6А8 и детекторной лампой 6Г7. Собственно усилителем промежуточной частоты является лампа 6К7. Трансформатор $Тр_1$ и лампа 6К7 с целью укорочения соединительных проводников располагаются рядом. Все прочие детали, входящие в данную ступень, должны быть расположены ближе к лампе.

Особое место в конструкции занимают такие детали, как регуляторы громкости, тембра, обратной связи (в приемниках прямого усиления), которые не всегда удается монтировать с соблюдением указанных выше правил; эти детали обычно приходится помещать на передней стенке шасси. При выборе места для них следует считаться с удобством взаимного расположения ручек управления.

Ручку регулятора громкости или обратной связи (в приемниках прямого усиления) удобнее помещать левее ручки настройки. Именно так расположена эта ручка в разбираемом приемнике РЛ-1.

Лампы усиления низкой частоты (если их несколько) располагаются рядом, а все детали, относящиеся к одной ступени усиления низкой частоты, — по возможности ближе к ламповой

панельке. Регуляторы громкости и тембра соединяются со схемой экранированным (в металлической оплетке) проводом.

Лампы ступеней предварительного усиления низкой частоты во избежание появления фона переменного тока надо располагать по возможности дальше от силового трансформатора и дросселя фильтра.

В приемнике РЛ-1 первая лампа усиления низкой частоты (6Г7) установлена в непосредственной близости от силового трансформатора, что является отступлением от изложенного выше правила. Такое расположение может явиться причиной возникновения фона переменного тока.

Междуламповые трансформаторы низкой частоты надо размещать возможно дальше от выходного и силового трансформаторов и устанавливать так, чтобы их сердечники были расположены перпендикулярно к сердечникам указанных трансформаторов.

Все детали выпрямительной части приемника (силовой трансформатор, кенотрон, сглаживающий фильтр) устанавливаются в одном месте и возможно ближе друг к другу. Однако поскольку кенотрон во время работы сильно нагревается, то нельзя устанавливать в непосредственной близости к нему конденсаторы фильтра.

Нельзя также располагать выпрямитель вблизи деталей детекторной ступени, а также в непосредственной близости к контурным и гетеродинным катушкам. Поэтому в приемнике РЛ-1 выпрямитель расположен на противоположной по отношению к высокочастотной части приемника стороне шасси. Такое расположение надо считать наиболее правильным.

Затратив некоторое время на выбор наиболее целесообразного варианта расположения деталей, можно значительно упростить монтаж приемника и избежать затруднений при его налаживании.

Соединение деталей в схему[1]

Приемник — сложное устройство. Его действие связано с прохождением разного рода токов по различным участкам схемы. Для направления этих токов по своему пути служат те или иные детали, соединенные проводами.

Число соединений в любом приемнике составляет несколько десятков и даже сотен, и каждое соединение должно быть сделано правильно. Эту часть монтажной работы надо выполнять очень внимательно, не спеша, проверяя каждое соединение, иначе можно перепутать монтаж и сделать соединение не там, где это нужно, а это приведет в конечном счете к весьма неприятным последствиям.

Для соединения деталей используется обычно одножильный медный изолированный провод диаметром от 0,5 до 1 *мм* или же многожильный провод такого же диаметра. Очень удобно применять для этого луженый монтажный провод, который не требует никакой подготовки при пайке.

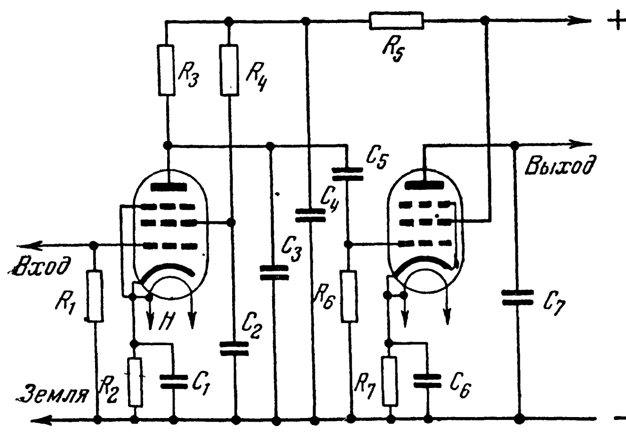
Соединения можно делать и голым проводом, однако при этом длинные провода, идущие к недостаточно жестко укрепленным контактам и к другим проводам, следует хорошо укрепить на изолированных стоечках. Кроме того, проводники надо располагать так, чтобы они не могли замкнуться между собой.

Известно, что любой проводник обладает не только активным сопротивлением, но также индуктивностью и емкостью по отношению к соседним проводникам. Благодаря этому переменные токи высокой и звуковой частоты, проходя по соединительным проводам, создают в окружающем пространстве изменяющиеся электрические и магнитные поля, которые действуют на другие соединительные провода, возбуждая в них переменные напряжения. Эти напряжения в большинстве случаев не нужны, вернее даже вредны для нормальной работы приемника.

Чем длиннее соединительные провода и чем меньше расстояния между ними, тем большее влияние оказывают они друг на друга. Кроме того, взаимодействие между проводами проявляется особенно сильно, если они расположены параллельно друг другу. К сожалению, очень трудно собрать приемник без соединительных проводов. Но рационально продуманный и хорошо выполненный монтаж позволяет сократить до минимума общее их число.

При хорошо продуманном размещении и взаимном расположении деталей даже в сложной конструкции можно ограничиться применением сравнительно небольшого числа соединительных проводов. Для примера остановимся на установке ламповых панелек в приемнике. Если эти панельки располагать в произвольном порядке, то некоторые их контакты приходится соединять с отдельными деталями проводами. Между тем, при другом, более удачном расположении те же контакты панелек можно припаивать непосредственно к концам нужной детали без каких бы то не было соединительных проводов.

[1] Ф. И. Тарасов, Практика радиомонтажа (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.



Фиг. 1. Часть принципиальной схемы.

На фиг. 1 изображена часть принципиальной схемы лампового приемника, а на фиг. 2 показана соответствующая ей часть монтажной схемы. Здесь видно, что при таком расположении ламповых панелек можно избежать некоторых монтажных проводов, заменив их сопротивлениями и конденсаторами, выводные концы которых сами соединяют нужные контакты деталей.

Большое число соединительных проводов особенно нежелательно в сложных многоламповых приемниках. При их сборке надо избегать применения лишних монтажных проводов и там, где это возможно, сопротивления и конденсаторы следует припаивать непосредственно к соответствующим участкам и узлам монтажной схемы приемника.

Соединительные провода нужно располагать так, чтобы емкостная связь между отдельными цепями схемы была минимальной. Особое внимание следует обращать на провода, идущие от анодов и управляющих сеток ламп.

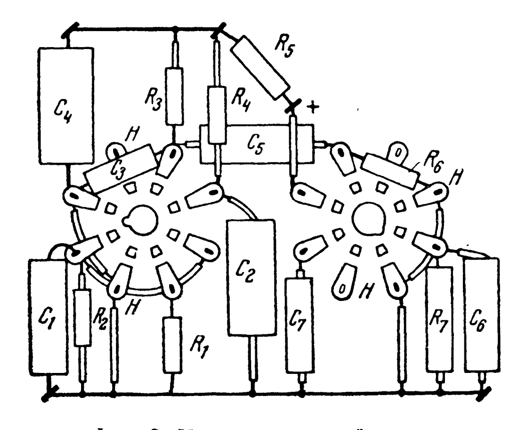
В радиолюбительских конструкциях нередко наблюдается самовозбуждение отдельных ступеней приемника вследствие воздействия на сеточные цепи таких ступеней их же собственных анодных цепей. Такая вредная связь между анодными и сеточными цепями обычно получается за счет емкостной связи между проводами этих цепей. В супергетеродинных приемниках, кроме того, опасными в смысле возникновения самовозбуждения являются также проводники цепи автоматического регулирования чувствительности и провода, идущие от сопротивления нагрузки второго детектора к управляющей сетке лампы усилителя низкой частоты. Опасной является также связь между контурами усилителя промежуточной частоты и входным контуром приемника. Эта связь особенно сильно проявляется на самых высоких частотах длинноволнового диапазона и на самых низких частотах средневолнового диапазона. Устранить или свести к минимуму подобного рода вредные связи можно рациональным расположением соответствующих соединительных проводов. Провода, во-первых, следует развести возможно дальше один от другого и, во-вторых, их надо разместить так, чтобы они не шли параллельно.

Сеточные провода высокочастотных цепей не рекомендуется располагать близко от металлического шасси, так как при этом увеличивается емкость контуров.

Расположение проводов низкочастотных цепей в основном подчиняется тем же правилам. Наиболее опасной может быть связь между входными и выходными цепями усилителя низкой частоты. Так, например, близко расположенные и параллельно идущие провода к граммофонному звукоснимателю и динамику способны вызвать самовозбуждение на низкой частоте. Для того чтобы этого не произошло, названные провода надо разнести как можно дальше друг от друга.

Влияние одной цепи на другую можно значительно уменьшить, если пару проводов одной цепи (например, провода, идущие от выходного трансформатора, провода сети переменного тока, провода накала сетевых ламп и т. п.) свить наподобие шнура. Этот простой прием очень полезен, так как при этом заметно повышается устойчивость работы приемника. Однако не следует такой метод применять для цепей, имеющих большое сопротивление, например для сеточных цепей.

Провода питания, несущие постоянный ток, в большинстве случаев имеют развязывающие ячейки, и связь отдельных цепей через эти провода не опасна; поэтому их можно располагать рядом, в непосредственной близости к корпусе (шасси), и вести их в общем жгуте.



Фиг. 2. Часть монтажной схемы.

Рассматривая схему приемника, легко заметить, что значительная часть его деталей соединяется группами в общих точках схемы, причем по крайней мере четвертая часть всех соединений приходится на корпус. Если бы детали были расположены близко друг к другу, их можно было бы соединить в одной точке короткими проводами. Но это невыполнимо, так как невозможно сгруппировать детали приемника в одном месте. Соединить их длинными проводами тоже нельзя, потому что при этом увеличивается опасность вредной связи. Поэтому приходится прокладывать общий соединительный провод, располагая его так, чтобы нужные контакты деталей можно было соединить с ним кратчайшим путем. При этом необходимо соблюдать следующее условие: чтобы избежать паразитных связей между отдельными ступенями приемника через общий соединительный провод, надо детали каждой ступени (они обычно сгруппированы около своей лампы) соединять в одной ближайшей точке этого провода.

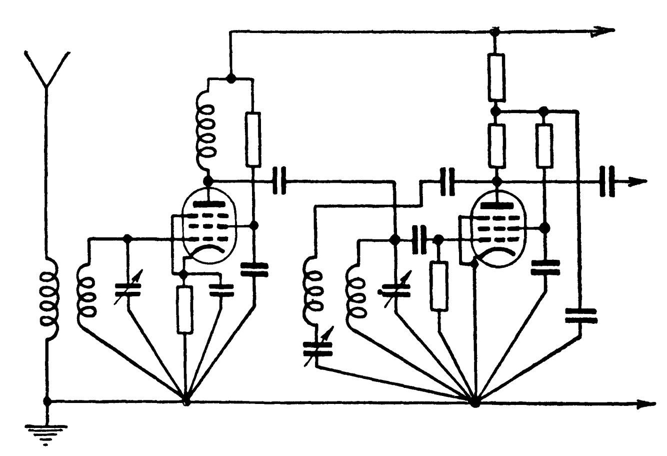
На фиг. 3 изображена часть схемы приемника и показано, как нужно соединять детали ступеней в одной точке. Здесь высокочастотная ступень имеет свою точку общего минуса, а детекторная — свою. Эти точки, в свою очередь, соединены вместе проводом, идущим к контакту заземления.

Провод заземления, представляющий собой шинку, к которой припаиваются концы соответствующих деталей, прокладывается в нужных направлениях и прикрепляется к шасси в нескольких точках. Для этого он обычно припаивается к лепесткам шасси и к контактам деталей. Использовать вместо провода металл шасси не рекомендуется, так как при этом очень трудно обеспечить достаточно надежный контакт.

Общие провода других цепей (например, плюсовый провод анодного напряжения) прикрепляются к шасси на изолированных стоечках.

Иногда соединения высокочастотных или низкочастотных цепей вследствие особенностей схемы и конструкции приемника нельзя выполнить короткими проводами и вместе с этим не представляется возможным расположить соединительные провода так, как это требуется по правилам монтажа. В таких случаях провода экранируются.

На принципиальной схеме экран изображается в виде пунктира или же в виде заземленного колечка, окружающего соединительный провод. Но чаще всего на схеме этого нет, и тогда вопрос экранирования приходится решать самому радиолюбителю.



Фиг. 3. Соединения в одной точке.

При хорошо продуманном монтаже в приемнике обычно экранируются только отдельные входные провода (если они сравнительно длинные и проходят близко от силовых цепей). Такими проводами могут оказаться сеточные выводы, идущие к колпачкам ламп, проводник, соединяющий сетку первой лампы усилителя низкой частоты с регулятором громкости, и провод, идущий от граммофонного звукоснимателя к приемнику.

Экранируя сеточные провода высокочастотных цепей, нужно иметь в виду, что экран увеличивает емкость таких цепей. Если емкости контуров в цепи сеток малы, то применение экранированных проводов будет сильно отражаться на настройке контуров. Поэтому экранированные проводники также желательно делать по возможности короткими и применять их только при действительной необходимости.

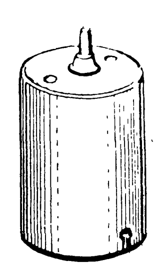
Если провода от анода и сетки лампы хотя и коротки, но в силу необходимости находятся близко один от другого, между ними лучше всего поместить металлическую экранную перегородку, прикрепив ее прямо к шасси. Во всех других случаях приходится экранировать сам провод, надевая на него металлическую оболочку и заземляя последнюю.

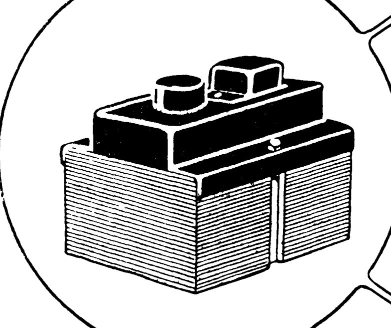
Работа по соединению деталей проводами в основном состоит из укладки этих проводов и припайки их к соответствующим контактам. С точки зрения удобств и быстроты выполнения этой работы соединять детали следует в определенном, последовательном порядке.

Сначала рекомендуется приготовить из толстого голого медного провода шинку для заземления, полудив всю поверхность проводника. Шинка обычно состоит из нескольких соединенных между собой кусков провода. Она распо-

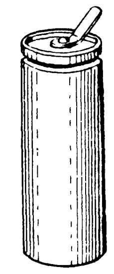
Помни, что при монтаже приемника[1]...

... надо монтировать катушку гетеродина дальше от силового трансформатора; при их близости снижается стабильность частоты гетеродина из-за нагревания катушки

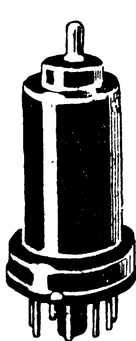


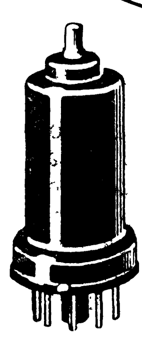


... надо монтировать электролитические конденсаторы дальше от силового трансформатора; они от нагревания портятся

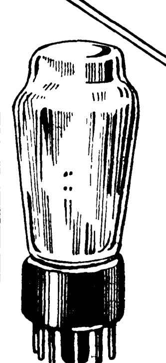


... не надо монтировать **лампу** первого каскада усиления низкой частоты близко от силового трансформатора: при их близости возникает фон.



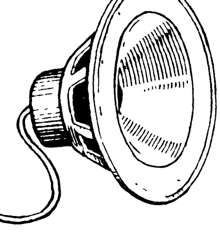


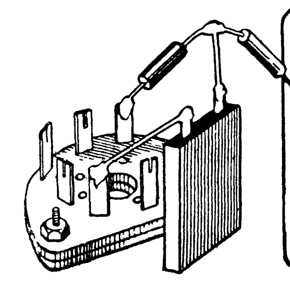
... надо монтировать первую лампу усиления низкой частоты дальше от кенотрона, иначе возникает фон.





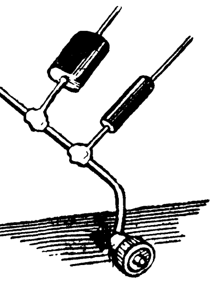
... надо далеко разносить провода от звукоснимателя и динамика, иначе возникнет самовозбуждение на низкой частоте.





... надо развязывающие сопротивления и конденсаторы монтировать возле ламповой панельки.

... надо заземляющиеся по схеме детали припаивать к проводу заземления, а не к шасси



---

[1] «Радио», 1948, № 9.

лагается на шасси, а ее концы расходятся в различных направлениях.

Затем укладываются все экранированные провода, оболочка которых тут же соединяется с заземляющей шинкой: устанавливаются на изолированных стоечках шинки цепей питания, прокладываются свитые вместе изолированные провода для накала ламп.

После этого присоединяются все остальные провода.

Провода цепи накала должны быть сравнительно толстыми, диаметром 0,8 — 1,5 *мм.* Они припаиваются к соответствующим лепесткам ламповых панелек, причем один из проводов должен быть обязательно заземлен. Заземление накального провода следует делать в нескольких местах, соединяя для этого накальный лепесток каждой панельки с общей точкой своей ступени. Второй незаземленный лепесток накала в высокочастотных ступенях рекомендуется соединять с той же точкой через конденсатор емкостью около 5 000 *пф* (на схемах это не указывается). Использовать металл шасси приемника в качестве одного из проводов цепи накала нельзя.

Провода питания должны быть хорошо изолированы и уложены прямо на основание шасси. Это в значительной степени облегчит монтаж и даст возможность аккуратно расположить все провода, занимая ими небольшое место.

Контурные проводники, по которым проходят токи высокой частоты и которые могут создать нежелательную емкость с шасси, надо укладывать в отдалении от металлических частей деталей и основания шасси.

Если какие-либо общие провода (провода анодного питания, АРУ и т. п.) получаются длинными, то соединять цепи отдельных ступеней приемника этими проводами надо через развязывающие фильтры.

Подключив все соединительные провода к соответствующим контактам деталей, приступают к соединению остальных деталей, которые можно подключать (припаять) непосредственно друг к другу своими выходными концами.

Литература

Книги

А. Д. Фролов, Конструирование радиоприемников, Изд. «Советское радио», 1948.

Излагаются основные соображения, которыми следует руководствоваться радиолюбителям при выборе отдельных элементов схемы приемника и входящих в нее деталей. Много места отводится практическому разбору отдельных участков схем приемников с оценкой величин входящих в них деталей и указаниями возможных отклонений от номинала.

З Б. Гинзбург и Ф. И. Тарасов, Практические работы радиолюбителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описываются методы обработки материалов, применяющихся в радиолюбительской практике. Излагаются способы намотки разного рода катушек, трансформаторов и дросселей.

Ф. И. Тарасов, Практика радиомонтажа (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Рассказывается о правильном выборе деталей, их проверке, способах крепления и соединении в схему.

Б. М. Сметанин, Радиоконструктор (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описание панелей, предназначенных для наглядного обучения при сборке различных радиоприемников.

З. Б. Гинзбург и Ф И. Тарасов, Книга начинающего радиолюбителя (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Практический справочник для начинающего радиолюбителя.

С. М. Герасимов, Расчет радиолюбительских приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Упрощенный электрический расчет детекторных радиоприемников, приемников прямого усиления и супергетеродинов. Конструктивный расчет ряда деталей.

Б. А. Левандовский, Шкалы и верньерные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описание различных типов шкал и верньеров, расчет их элементов, выбор шкал в зависимости от конструкции и внешнего оформления приемника.

Радиолюбительские конструкции (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1953.

Библиографический справочник описаний радиолюбительских конструкций, помещавшихся в журналах и отдельных книгах с 1946 по 1953 г. Кроме библиографических сведений книга содержит аннотации о схеме и основных особенностях каждой конструкции.

Статьи

М. Жук, Первый супергетеродин радиолюбителя, «Радио», 1949, № 6.

П. Голдованский, Расчет катушек, «Радио», 1949, № 3.



ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА

Указания по налаживанию приемника[1]

В процессе монтажа приемника любитель может допустить ошибку: неправильно присоединить какую-либо деталь, неправильно включить концы трансформатора или катушки и т. д. При допущении таких ошибок приемник или совсем не будет работать или будет работать плохо.

Бывает также, что приобретенные случайно детали устанавливаются в монтируемый приемник без предварительной их проверки и среди них попадают недоброкачественные детали, нарушающие работу аппарата.

Существует ряд определенных признаков неисправности деталей и узлов в различных частях схемы. Зная эти признаки и умело используя их, можно сразу же определить, в какой части схемы приемника имеется погрешность или неисправность.

Если эти признаки недостаточно характерны и сразу не указывают на вид повреждения, то последнее отыскивается путем последовательной проверки приемника по частям.

Встречающиеся в приемниках неисправности настолько разнообразны и многочисленны, что описать здесь все и указать конкретный способ нахождения каждой из них невозможно, тем более, что в различных схемах и типах приемников эти неисправности проявляются различным образом.

ПРОВЕРКА И ПОДБОР ПРАВИЛЬНОГО РЕЖИМА ПИТАНИЯ ЛАМП. Приступая к испытанию приемника с питанием от сети, необходимо прежде всего удостовериться, что напряжение в сети нормальное. Затем надо при включенном приемнике измерить постоянное напряжение на выходе выпрямителя и общий анодный ток. Это сразу даст уверенность в том, что выпрямитель работает нормально.

Далее надо проверить напряжения сеточных смещений. Измерение этих напряжений следует производить на сопротивлениях, создающих эти напряжения. После этого проверяются напряжения на экранных сетках пентодов. Отклонения величин напряжений до $\pm 15\%$ от указанных в описаниях вполне допустимы. Наконец, нужно измерить напряжения на анодах ламп.

Все измерения надо производить только высокоомным вольтметром.

Если при проверке режима ламп обнаруживается резкое несоответствие напряжения на электродах ламп с типовым режимом питания, то это указывает на неисправность цепей питания или какой-либо детали в них: перегорание сопротивления, пробой блокировочного или разделительного конденсатора и т. д.

Неправильный режим может также объясняться неподходящими электрическими величинами деталей в этих цепях.

ПРОВЕРКА ОТДЕЛЬНЫХ СТУПЕНЕЙ. Проверку приемника по частям удобнее всего производить в следующей последовательности: сначала проверяется силовая часть — выпрямитель, затем ступени усиления низкой частоты, детектор, ступени высокой или промежуточной частоты и входные цепи.

В силовой части проверяют напряжение накала и анода, исправность конденсаторов фильтра, дросселя и обмотки подмагничивания динамика, если она работает в качестве дросселя фильтра.

Исправность ступеней усиления низкой частоты можно проверить, прикасаясь пальцем к контакту управляющей сетки лампы первой или второй ступени. При этом в громкоговорителе или наушниках должно быть слышно громкое гудение (фон переменного тока).

Когда имеется граммофонный проигрыватель со звукоснимателем, то можно проверить

---

[1] В. В. Енютин, Шестнадцать радиолюбительских схем (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

усилитель низкой частоты путем прослушивания воспроизводимой им граммзаписи. Плохое воспроизведение этой записи будет указывать на наличие дефектов в ступенях усиления низкой частоты. В таких случаях следует проверить исправность отдельных цепей и деталей этого усилителя.

Проигрывая граммпластинки, можно хорошо отрегулировать работу ступеней усиления низкой частоты, точно подбирая данные их деталей.

Детальная проверка ступеней усиления высокой частоты требует уже специальной подготовки и более сложных приборов (сигнал-генератора, лампового вольтметра). Приблизительно о действии ступени высокой частоты можно судить по возникновению шумов и тресков при касании проводом антенны управляющей сетки или анода лампы этой ступени. Малоподготовленному любителю можно рекомендовать только проверку на пробник или омметр целости катушек и исправности конденсаторов, входящих в эти контуры.

При проверке детекторной ступени в приемнике прямого усиления следует обратить внимание на правильную работу обратной связи. Если при регулировании обратной связи не возникает генерация, то надо проверить контурную катушку и катушку обратной связи на обрыв, а затем поменять места присоединения концов катушки обратной связи.

УСТРАНЕНИЕ ФОНА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. Иногда работа приемника сопровождается гудением очень низкого тона (фоном), мешающим приему передач на всех диапазонах. Причиной этого может служить либо плохая фильтрация постоянного тока в выпрямителе, либо паразитное воздействие переменного сетевого тока на цепи приемника.

Фон в результате плохой фильтрации может происходить при недостаточной емкости конденсаторов в фильтре выпрямителя или из-за порчи какого-либо из них.

Если фильтр выпрямителя в порядке, а фон переменного тока все же остается, то прежде всего надо проверить, заземлена ли обмотка накала ламп приемника, а также экранная обмотка силового трансформатора (если она имеется) и его сердечник.

В некоторых случаях удается устранить фон присоединением параллельно электролитическому конденсатору фильтра дополнительного бумажного конденсатора емкостью в 0,5—1 *мкф*, а также путем заземления проводов осветительной сети через конденсаторы емкостью в 0,1 — 0,5 *мкф*.

В большинстве случаев оказывается достаточным включить один конденсатор, причем следует экспериментально установить, к какому именно проводу осветительной сети его следует присоединить.

Для устранения фона переменного тока рекомендуется также заземлять сердечник выходного трансформатора и звуковую катушку динамика.

НАСТРОЙКА ПРИЕМНИКА. После проверки правильности выполнения схемы и исправности низкочастотной части приемника производится настройка его высокочастотной части. Эта работа требует специальной аппаратуры и навыка.

Настройка приемников прямого усиления сводится в основном к настройке в резонанс всех его контуров и к подгонке их под желаемый диапазон.

Такая настройка контуров обычно производится в начале и в конце каждого диапазона. В начале диапазона контуры подстраиваются с помощью подстроечных (полупеременных) конденсаторов, а в конце диапазона — изменением индуктивности катушки (изменением числа витков или положения подвижной секции катушки или передвижением сердечника).

Настройку контуров лучше всего производить при помощи градуированного гетеродина, создающего модулированные колебания, так как это обеспечивает наибольшие удобства и точную настройку приемника.

Возможно производить настройку контуров и без приборов по слышимости станций, но такой способ отнимает много времени и для его применения нужно знать частоты (длины волны) станций, используемых для подгонки.

Настройка супергетеродинных приемников значительно сложнее. В них приходится отдельно настраивать контуры промежуточной частоты, а затем настраивать гетеродинные и входные контуры преобразователя частоты.

Для настройки супергетеродина также необходима специальная аппаратура: сигнал-генератор и измеритель выхода. Учитывая, что такая аппаратура найдется не у каждого радиолюбителя, мы описываем ниже порядок настройки типичного супергетеродина упрощенным способом, не требующим наличия указанных приборов.

Для примера опишем процесс настройки приемника РЛ-1 (см. фиг. 1 на стр. 177).

Настройка супергетеродина разделяется на следующие операции: настройка на выбранную частоту всех трансформаторов промежуточной частоты, подгонка контуров гетеродина и, наконец, установление сопряжения входных контуров приемника.

Сопряжением контуров называется такая настройка входных и гетеродинных контуров,

при которой по всему принимаемому диапазону получается промежуточная частота, наиболее близко совпадающая с выбранной (на которую настроены контуры усилителя промежуточной частоты). От правильности сопряжения контуров зависят чувствительность и избирательность супергетеродинного приемника.

Настройка трансформаторов промежуточной частоты производится следующим образом.

Присоединив к приемнику небольшую антенну (кусок провода длиной 4—5 *м*), принимаем какую-либо слабо слышимую станцию в диапазоне средних волн.

Предполагая, что трансформаторы промежуточной частоты уже приблизительно настроены на заводе на выбранную частоту 465 *кгц*, их остается только подстроить в резонанс. Для этого, медленно вращая ферромагнитные сердечники сначала второго, а потом первого трансформатора, следует добиться наилучшей слышимости станции. Это положение и будет соответствовать резонансу между всеми обмотками трансформаторов.

Наиболее резко при подстройке будут влиять сердечники у катушек, включенных в анодные цепи преобразователя и лампы усилителя промежуточной частоты, менее сильно у сеточной катушки лампы усилителя промежуточной частоты и довольно слабо у катушки, связанной со вторым детектором.

Для настройки необходимо выбирать станцию, наиболее слабо слышимую, иначе трудно будет устанавливать момент наступления резонанса из-за влияния автоматического регулятора усиления (АРУ). Если в процессе настройки громкость станции слишком возрастает, лучше поискать новую станцию со слабой слышимостью. Вообще же лучше цепь АРУ на время настройки совсем выключить из схемы.

После настройки трансформаторов промежуточной частоты приступают к настройке контуров высокой частоты.

Настройку их удобнее начинать с диапазона средних волн. Подстроечное кольцо гетеродинной катушки диапазона средних волн ставят в среднее положение и отыскивают какую-либо станцию в конце диапазона (емкость агрегата конденсаторов должна быть близка к максимальной). После этого начинают подстраивать входной контур, перемещая подстроечное кольцо на катушке L_4 контура. Здесь возможны три случая.

Первый самый благоприятный, когда при некотором положении кольца на этой катушке громкость получается максимальной и падает при перемещении кольца от этого положения в ту или другую сторону. Это и будет соответствовать необходимой настройке. В поисках резонанса допустимо в случае необходимости перемещать и подстроечное кольцо катушки гетеродина в самое крайнее положение, но при этом необходимо подстраиваться на станцию агрегатом конденсаторов переменной емкости.

Второй случай — наибольшая громкость получается, когда кольцо контурной катушки L_4 опустится до основной секции, а кольцо гетеродинной катушки поднимется на самый верх. Это будет означать, что емкость сопрягающего конденсатора в контуре гетеродина слишком велика. Его нужно заменить конденсатором меньшей емкости, при которой резонанс будет получаться при некотором среднем положении подстроечного кольца контурной катушки.

Наконец, третий случай — наибольшая громкость может получаться при положении подстроечного кольца на катушке L_4 контура в самом верху и при перемещении подстроечного кольца на катушке гетеродина L_9 вплотную к основной секции. Это будет показывать, что емкость конденсатора C_{11} мала и ее необходимо увеличить. Достигается это путем подпайки параллельно этому конденсатору дополнительного конденсатора небольшой емкости.

Закончив с подстройкой конца средневолнового диапазона, переходят к подстройке начала этого диапазона.

Для этого находят станцию уже в начале диапазона и вращением подстроечного конденсатора C_3 находят положение резонанса. Если емкость конденсатора C_3 окажется для этого недостаточной, параллельно ему присоединяют конденсатор емкостью в 10—15 *пф*. Найдя резонанс в начале диапазона, снова перестраивают приемник на конец диапазона и восстанавливают резонанс (нарушенный изменением емкости C_3) передвижением подстроечного кольца на катушке контура L_4. Затем опять подстраивают в начале диапазона изменением емкости C_3 и в конце диапазона — изменением индуктивности катушки. Такую подгонку настройки делают до тех пор, пока не получится точный резонанс в обеих настроечных точках.

Настройка диапазона длинных волн производится аналогичным способом, т. е. сначала настраивают конец диапазона передвижением подстроечных колец на катушках L_6 и L_{11}, или подбором соответствующего сопрягающего конденсатора и затем настраивают начало диапазона конденсатором C_4. Эти операции повторяют до тех пор, пока не получат резонанса в обеих точках.

Наконец, приступают к настройке коротковолнового диапазона, для чего в 49-метровом вещательном участке, находящемся в конце шкалы, настраиваются на какую-нибудь станцию и, сближая или раздвигая витки катушки

L_2, добиваются максимальной слышимости этой станции.

Начало коротковолнового диапазона лучше настраивать днем или в ранние вечерние часы, когда в этом участке диапазона слышна работа многих станций.

Настроившись на какую-нибудь станцию этого участка, запоминают ее громкость, затем слегка вращают подстроечный конденсатор, при этом станция немедленно исчезает. Тогда, очень осторожно вращая агрегат переменных конденсаторов, вновь находят эту станцию и сравнивают громкость ее приема с первоначальной. Так поступают до тех пор, пока не убедятся, что больше повысить громкость при помощи подстроечного конденсатора нельзя.

После этого проверяют конец диапазона, не расстроился ли он от изменения емкости подстроечного конденсатора. Если это имеет место, то восстанавливают резонанс передвижением витков катушки. Трогать после этого подстроечный конденсатор уже не надо.

На этом заканчивается настройка контуров супергетеродина.

Проверка монтажа по принципиальной схеме[1]

По окончании монтажа приемника необходимо произвести его проверку. Обычно такая проверка производится по той же принципиальной схеме, по которой производился и монтаж. Однако опыт показывает, что когда проверку производит то же лицо, которое монтировало приемник, то ошибки, допущенные в монтаже, проходят часто незамеченными, т. е. снова повторяются; поэтому проверку по схеме нужно производить весьма тщательно.

Особенное внимание следует обратить на то, чтобы все соединения были сделаны надежно, прочно и имели хороший контакт. Надо устранить в монтаже не предусмотренные схемой касания деталей и проводов друг с другом и механически непрочные места.

Весьма полезной оказывается дополнительная проверка монтажа по так называемой «карте» или «диаграмме сопротивлений». Сущность этого метода проверки заключается в том, что с помощью омметра измеряется сопротивление участков схемы, лежащих между отдельными ламповыми гнездами и шасси, т. е. сопротивление постоянному току между электродами лампы и заземлением. Для некоторых промышленных типов приемников такие диаграммы давались в их описаниях. Для приемника, собираемого по новой схеме, такую диаграмму можно без особого труда составить заранее.

В качестве примера рассмотрим часть схемы приемника «Электросигнал-2», приведенную на фиг. 1.

Проследим цепь управляющей сетки лампы 6К3 усилителя промежуточной частоты. Эта цепь для постоянного тока состоит из катушки контура промежуточной частоты L_{15}, сопротивления R_{16} и сопротивления R_{18}, соединенного последовательно с R_{16} и идущего на землю. Активное сопротивление катушки L_{15} ничтожно по сравнению с R_{16} и R_{18}. Поэтому сопротивление участка «гнездо сетки лампы 6К3 — земля» равно $R_{16} + R_{18} = 2{,}2 + 1 = 3{,}2$ *мгом*.

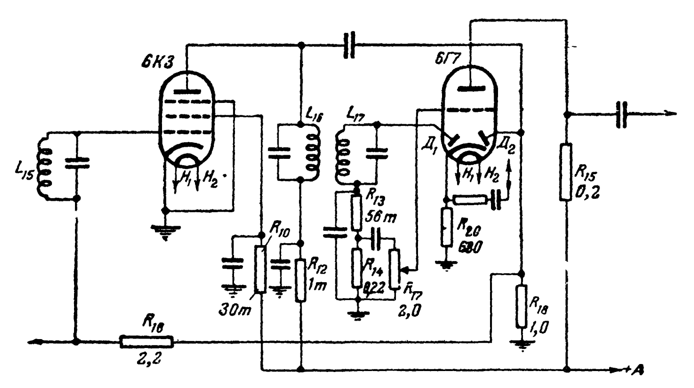
Между гнездом экранной сетки и землей сопротивление равно бесконечности. Между гнездом защитной сетки и землей сопротивление должно равняться нулю. То же будет и между гнездом катода и землей, между одним из гнезд накала и землей.

Гнездо накала H_2 соединено с землей через накальную обмотку силового трансформатора. Поэтому сопротивление этого участка равно сопротивлению обмотки накала.

В цепь анода лампы 6К3 включена катушка L_{16} и последовательно с ней сопротивление R_{12}. На землю оно не идет, поэтому сопротивление участка «гнездо анода—шасси» должно равняться бесконечности.

Можно проверить сопротивление между анодными гнездами ламп 6К3 и 6Г7. Здесь последовательно включены катушка L_{16} и сопротивления R_{12} и R_{15}. Следовательно, суммарное сопротивление равно $R_{12} + R_{15} = 1\,000 + 200\,000 = 201\,000$ *ом* (сопротивлением L_{16} можно пренебречь).

Точно так же определяем сопротивление участка «управляющая сетка лампы 6Г7 — шасси», которое оказывается равным включен-



Фиг. 1. Схема усилителя промежуточной частоты и детекторной ступени приемника „Электросигнал-2".

---

[1] Е. А. Левитин, Налаживание приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

ной части переменного сопротивления R_{17}, т. е. от 0 до 2 *мгом*.

Сопротивление участка «гнездо анода диода $Д_1$ — шасси» равно $R_{13} + R_{14} = 56\,000 + 220\,000 = 276\,000$ *ом* (пренебрегая сопротивлением L_{17}). Сопротивление участка «гнездо анода второго диода $Д_2$ — шасси» равно $R_{18} = 1$ *мгом*. Сопротивление участка «гнездо катода — шасси» будет $R_{20} = 680$ *ом* и т. д.

В результате такого рассмотрения схемы легко составить несложную таблицу, пользуясь которой можно произвести дополнительную проверку правильности монтажа.

Лампа	Участок схемы	Сопротивление участка
6К3	Нить накала H_1 — шасси	0
	Нить накала H_2 — шасси	Обмотка накала
	Катод — шасси	0
	Управляющая сетка — шасси	3,2 *мгом*
	Экранная сетка — шасси	∞
	Анод — шасси	∞
	Анод — экранная сетка	31 *ком*
6Г7	Нить накала H_1 — шасси	0
	Нить накала H_2 — шасси	Обмотка накала
	Управляющая сетка — шасси	0—2 *мгом*
	Диод $Д_1$ — шасси	276 *ком*
	Диод $Д_2$ — шасси	1 *мгом*
	Катод — шасси	680 *ом*
	Анод — анод 6К3	201 *ком*

Подобным же образом составляются таблицы для всех ламп.

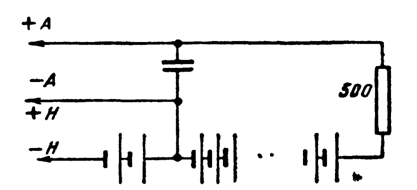
В некоторых случаях в измеряемом участке может оказаться два сопротивления R_1 и R_2, включенных параллельно. В этом случае результирующее сопротивление подсчитывается по формуле

$$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Проверка по карте сопротивлений ценна тем, что дает одновременно с проверкой правильности монтажа проверку величины и правильности включения всех сопротивлений. Этот способ не позволяет, однако, обнаружить короткое замыкание на участке с малым сопротивлением (например, в контурных катушках).

Обычно после проверки по карте сопротивлений можно уверенно вставлять лампы, включать приемник в сеть и приступать к налаживанию.

При работе с приемником, питаемым от батарей, особенно тщательно следует проверять цепи накала, чтобы на них не попадало по ошибке анодное напряжение. Для этого вольтметр включается в гнезда накала и к приемнику подключается батарея накала. Вольтметр покажет ее напряжение. Затем эта же батарея накала подключается к зажимам анодной батареи вместо последней. Стрелка вольтметра не должна отклоняться. Если вольтметр дает какие-либо показания, значит, в монтаже допущена ошибка.



Фиг. 2. Схема включения предохранительного сопротивления в цепь анодной батареи.

Проверку по диаграмме сопротивлений для таких приемников нужно производить обязательно при отключенных батареях. Весьма полезно включить в цепь анодной батареи последовательно сопротивление 500 — 1 000 *ом* (фиг. 2), которое предохраняет от пережигания анодным напряжением нити ламп.

Помимо проверки монтажа целесообразно до регулировки приемника проверить режим ламп.

Режим, в котором должны работать лампы в данном приемнике, обычно в описании приемника не дается. Поэтому такая проверка может дать лишь примерное представление о том, находится ли лампа в нормальных условиях.

Напряжения на электродах ламп должны примерно соответствовать типовым режимам. Проверка, производимая по окончании монтажа с помощью высокоомного вольтметра, подключаемого к анодам и экранным сеткам ламп, должна показать, не отличается ли режим какой-либо лампы слишком резко от нормального. Если такое обстоятельство не оговаривается специально в описании приемника, то обнаруженное отклонение будет признаком наличия неисправности и для ее устранения следует сразу же проверить все цепи лампы.

Производство всех описанных выше многочисленных проверок может показаться излишним и необоснованным, особенно если в приемнике использованы новые детали, только что приобретенные и не бывшие в употреблении. Но время, затраченное на проверку монтажа и деталей, всегда окупается, так как позволяет вести уверенно регулировку приемника и в конечном счете приводит к экономии общего количества времени, затраченного на сборку, монтаж и регулировку.

Испытания приемника „Родина“[1]

Повреждения в приемнике «Родина» обычно несложны и их часто может легко устранить владелец приемника. Надо лишь уметь находить в схеме эти повреждения.

Но для проверки схемы приемника нужны специальные измерительные приборы, которыми сельский радиолюбитель располагает редко. Естественно возникает вопрос: нельзя ли проверить исправность схемы приемника и отыскать повреждения в нем без помощи измерительных приборов? Конечно, можно.

В приемнике «Родина» имеется неоновая лампочка, служащая индикатором включения анодного питания. С помощью этой лампочки мы можем проверить напряжение анодных батарей, найти повреждение в контурных катушках, трансформаторах, сопротивлениях и конденсаторах, определить неисправность лампы.

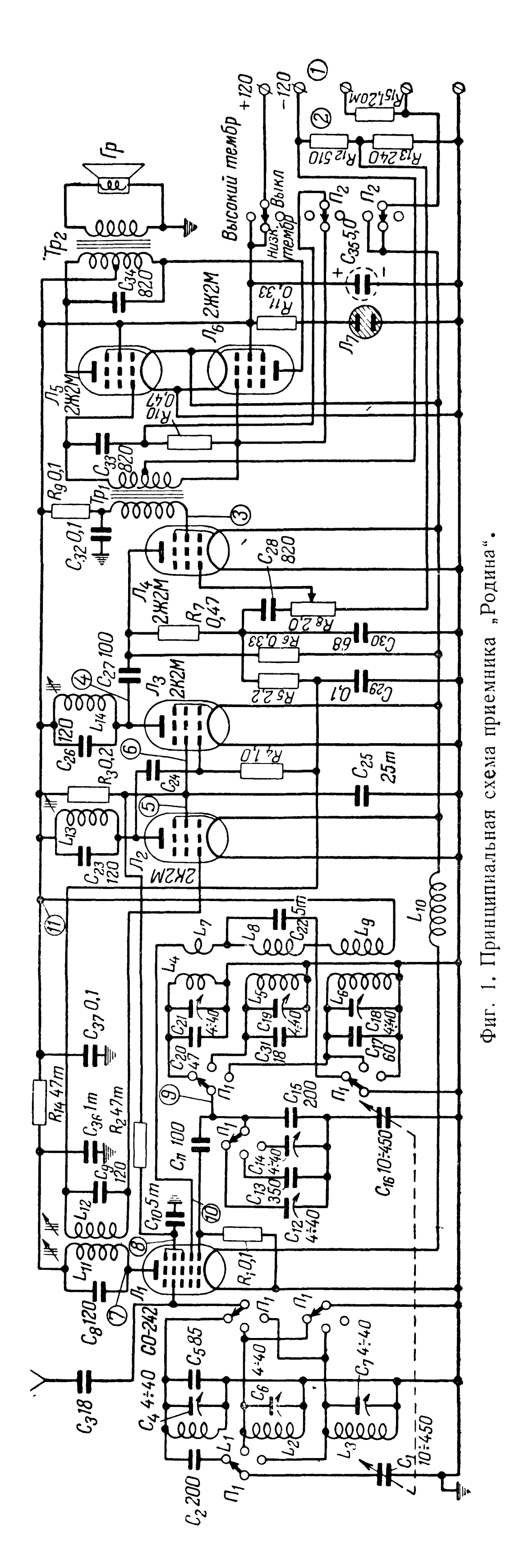
Когда приемник перестает работать или заметно понижается громкость приема, прежде всего следует обратить внимание на неоновую лампочку. Нормальная яркость свечения этой лампочки указывает на достаточное напряжение анодных батарей. При пониженном анодном напряжении неоновая лампочка будет мигать или совсем погаснет.

При рассмотрении различных видов повреждений приемника «Родина» и порядка их нахождения будем считать, что источники питания приемника исправны и дают нормальное напряжение.

Неисправный приемник лучше всего проверять по частям, т. е. каждую его ступень в отдельности. Проверку всегда производят при включенном приемнике и начинают ее с цепей питания.

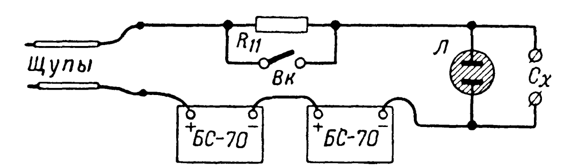
Если работа приемника нарушилась и неоновая лампочка не горит, то прежде всего следует проверить сопротивления смещения R_{12} и R_{13} (фиг. 1). Для этого неоновую лампочку $Л_7$ вместе с патрончиком снимают со шкалы и соединяют патрончик с отрицательным проводом анодной батареи (точка *1* на фиг. 1). Если при этом лампочка начнет светиться, то это будет служить подтверждением неисправности обоих или одного из названных сопротивлений.

Чтобы определить, какое именно из этих двух сопротивлений неисправно, надо патрончик подключить к месту их соединения (точка *2*). Свечение лампочки при этом будет означать, что повреждено сопротивление R_{13}. Если



Фиг. 1. Принципиальная схема приемника „Родина“.

[1] М. Ганзбург, «Радио», 1949, № 12.



Фиг. 2. Схема пробника для проверки деталей приемника.

же лампочка не будет светиться, значит неисправно сопротивление R_{12}.

Повреждению подвержены также и конденсаторы C_{35} и C_{37}. При пробое этих конденсаторов индикаторная лампочка не светится. О проверке конденсаторов, сопротивлений и других деталей будет рассказано ниже.

Проверив исправность сопротивлений смещения R_{12} и R_{13} и конденсаторов C_{35} и C_{37}, патрончик ставят на свое место или соединяют его с шасси приемника.

Для дальнейшей проверки схемы необходимо сопротивление R_{11}, соединяющее неоновую лампочку с плюсом анодной батареи, отпаять от положительного провода высокого напряжения. К освободившемуся концу этого сопротивления подпаивают кусок изолированного проводника, который будет служить щупом. Затем приступают к дальнейшей проверке схемы.

Сначала проверяют низкочастотные ступени.

Выходная ступень приемника «Родина», собранная по двухтактной схеме на лампах $Л_5$ и $Л_6$, редко выходит из строя. Наиболее вероятной неисправностью в этой ступени может быть повреждение одной из ее ламп. При таком повреждении воспроизведение передачи будет искаженным, а громкость приема понизится. Следовательно, особой проверке оконечную ступень приемника можно и не подвергать, а следует сразу начать с испытания ступени предварительного усилителя низкой частоты.

Характерным повреждением для этой ступени является обрыв первичной обмотки междулампового трансформатора. При проверке этой обмотки щуп пробника соединяют с выводом экранной сетки лампы $Л_4$ (точка *3*), а сопротивление R_9 замыкают накоротко. Неоновая лампочка при этом должна загореться. Если она не будет светиться, значит, в обмотке имеется обрыв. Если же при подключении щупа к выводу экранной сетки неоновая лампочка $Л_7$ будет ярко светиться до замыкания накоротко сопротивления R_9, то это будет указывать на неисправность лампы $Л_4$ (потеря эмиссии или обрыв нити). В этой ступени возможны также повреждения сопротивления R_9 и конденсатора C_{32}.

Не все повреждения этой ступени можно обнаружить при помощи неонового пробника. Поэтому следует проверить исправность низкочастотных ступеней косвенным путем, а именно касаясь пальцем руки вывода управляющей сетки лампы $Л_4$ (контакта на ее баллоне). В момент прикосновения к этому выводу при исправной ступени в громкоговорителе должно появляться гудение.

Для проверки ступеней усиления промежуточной частоты (лампы $Л_2$ и $Л_3$) щуп пробника подключают сначала к аноду одной из ламп, например $Л_3$ (к точке *4*). Свечение неоновой лампочки будет означать, что к аноду лампы поступает высокое напряжение.

Чтобы проверить цепь экранной сетки этой лампы, надо конец провода, присоединенный к экранной сетке лампы $Л_2$ отпаять в точке *5* и подключить щуп к экранной сетке проверяемой лампы в точке *6*. Если при этом индикаторная лампочка не вспыхивает, то можно предположить, что лампа исправна. Однако неоновая лампочка не будет светиться и в случае повреждения сопротивления R_3 или конденсатора C_{25}. Поэтому надо в указанном случае проверить и исправность этих деталей. Если же при подключении щупа к экранной сетке лампы неоновая лампочка начнет светиться, то это будет означать, что проверяемая лампа неисправна.

Восстановив схему ступени и заменив конденсатор или сопротивление, если они окажутся неисправными, отпаивают провод в точке *6* и затем приступают к испытанию таким же способом лампы $Л_2$.

Наиболее сложно проверить неоновым пробником преобразовательную ступень приемника «Родина», работающую на лампе $Л_1$. Анодная и экранная ее цепи проверяются точно так же, как и у ступеней усиления промежуточной частоты, присоединением щупа сначала к аноду (точка *7*), а затем — к выводу экранной сетки лампы (точка *8*). В первом случае неоновая лампочка должна светиться, а во втором — нет. Работу гетеродинной части лампы $Л_1$ испытать неоновым пробником нельзя.

Описанной проверкой схемы приемника не всегда можно обнаружить место неисправности. Поэтому в тех случаях, когда не удается обнаружить повреждение указанными способами, следует подвергнуть проверке отдельные детали, исправность которых может вызвать сомнение. Для этого надо отключить от приемника батареи, а от шасси — неоновую лампочку вместе с патрончиком. Затем из анодных батарей, неоновой лампочки $Л$ и сопротивления R_{11} составляют пробник, схема которого приведена на фиг. 2. Выключатель *Вк* введен в эту схему

для большей оперативности. С помощью такого пробника можно проверить большинство деталей приемника. Необходимо лишь иметь в виду, что напряжение батареи не должно превышать 120—130 *в*.

Проверяемую деталь (конденсатор, сопротивление, катушку или трансформатор) в ряде случаев надо отключить от схемы приемника, так как параллельно проверяемой детали могут быть включены другие детали.

Для проверки конденсатора его надо присоединить к щупам пробника. Неоновая лампочка при этом не должна светиться; если же она вспыхнет, то это будет означать, что в конденсаторе имеется короткое замыкание.

Однако при наличии скрытого обрыва в выводных проводниках конденсатора пробник покажет отсутствие короткого замыкания. Поэтому после проверки на пробой конденсатор следует подключить параллельно неоновой лампочке к зажимам C_x (фиг. 2). Если конденсатор исправный, лампочка начнет мигать. Промежутки между отдельными вспышками будут тем короче, чем меньше емкость конденсатора.

Таким способом можно проверять конденсаторы емкостью больше 1 000 *пф*. При меньшей емкости конденсатора мигания будут настолько часты, что они станут незаметными для глаза, и у наблюдателя будет создаваться впечатление, что лампочка дает ровный беспрерывный свет. Поэтому проверять этим способом конденсаторы малой емкости нельзя.

Основным повреждением сопротивлений является нарушение у них проводимости. В момент подключения к щупам пробника исправного сопротивления неоновая лампочка должна загореться. При испытании больших сопротивлений (начиная с 0,1—0,2 *мгом*), сопротивление R_{11} необходимо замыкать выключателем *Вк* накоротко. При испытании же сопротивлений малой величины этот выключатель должен быть разомкнут.

Точно так же поступают при проверке контурных катушек и обмоток трансформатора, поскольку они обладают малым активным сопротивлением.

Приступая к проверке трансформаторов промежуточной частоты и контурных катушек, как уже упоминалось, следует отключать от них все параллельно присоединенные конденсаторы, так как они могут иметь короткое замыкание. Обмотки трансформаторов низкой частоты следует проверять не только на обрыв, но и на отсутствие короткого замыкания с сердечником. Для этого один щуп приключают к сердечнику трансформатора, а второй — поочередно к одному из выводов каждой обмотки. Неоновая лампочка при этом не должна вспыхивать.

Нередко портится и переключатель диапазонов приемника. Вследствие загрязнения или других каких-либо причин у него может нарушиться контакт между подвижными и неподвижными лепестками. Переключатель лучше проверять по частям. Для исследования секций, переключающих входные контуры, один щуп присоединяют к шасси, а другой к колпачку, который надет на верхний вывод лампы $Л_1$. Если при каком-либо положении переключателя неоновая лампочка не загорится, то повреждение следует искать в этих секциях. При проверке секций, переключающих сеточные катушки гетеродина, один щуп подключают к конденсатору C_{11} (точка *9*), а другой — к шасси. Для проверки секций, переключающих анодные катушки гетеродина, присоединяют один щуп к выводу анодной сетки гетеродина (точка *10*), а второй — к плюсовому проводу цепи высокого напряжения (точка *11*).

В заключение необходимо оговорить, что не следует проверять неоновым пробником нить лампы, потому что ее можно сжечь. Для этой цели лучше собрать другой пробник, в котором последовательно с нитью накала лампы включают лампочку от карманного фонаря и два-три накальных элемента.

Литература

Книги

З. Б. Гинзбург, Как находить и устранять повреждения в радиоприемниках (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описываются наиболее часто встречающиеся неисправности радиоприемников, дается методика их нахождения и способы устранения.

Е. А. Левитин, Налаживание приемников (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Приводятся основные сведения по электрической регулировке приемников.

В. В. Енютин, Как производить настройку и испытание приемника при помощи сигнал-генератора (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1949.

Описание генераторов стандартных сигналов, их применения и метода градуировки самодельных сигнал-генераторов.

Статьи

А. Истомин, Настройка контуров с помощью в. ч. сердечников, «Радио», 1951, № 1.

В. Славин, Как найти неисправность в радиоприемнике, «Радио», 1952, № 6.



ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

ДОСТИЖЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОТЕХНИКИ



От первого радиоприемника до радиолокатора[1]

От первого в мире радиоприемника, изобретенного А. С. Поповым, радиотехника прошла огромный путь развития — от посылки и приема элементарных сигналов до радиовещания и телевидения, от грозоотметчика до радиолокации и управления на расстоянии.

Оглядываясь на всю короткую, но полную напряженных моментов историю развития радио, мы не можем не отметить той необычайной стремительности, с которой радио сумело проникнуть во все области человеческой жизни.

Радио исключительно многогранно.

Радиовещание — непревзойденное по своей доходчивости средство организации масс, могучий рычаг культуры. Радиотелефония безмерно увеличила эффективность радиосвязи. Телевидение во много раз увеличивает действенность радиовещания.

Радиосвязь осуществила самые пылкие, самые сказочные мечты, но она составляет в настоящее время только одну часть всей огромной области радио. Основные руководящие принципы и идеи радиотехники оказались необычайно действенными и для ряда других, совершенно неожиданных областей.

Среди этих новых областей некоторые тесно примыкают к вопросам и задачам радиосвязи. Такова радионавигация, которая дает возможность кораблям и самолетам в тумане или ночью находить правильный курс, позволяет самолетам определять свою фактическую высоту над землей или совершать посадку вслепую.

Такова радиолокация — одно из новейших и важнейших направлений в области радио, — рожденная в России в 1897 г. в результате опытов по радиосвязи, производившихся А. С. Поповым на Балтийском море.

Радиолокация — это новое мощное средство военной техники, позволившее в значительной мере изменить тактику войны на море, в воздухе и частично на суше. Радиолокационная техника основана на отражении радиоволн от различных объектов, точнее на рассеивании радиоволн этими объектами. Благодаря этому рассеиванию радиоволн создано мощное средство обнаружения вражеских самолетов и кораблей и определения их местоположения. В мирных условиях радиолокация неоценимое средство вождения кораблей и самолетов.

Радиометоды широко применяются в проволочной связи, что позволило значительно удлинить линии и привело к громадной экономии проводов вследствие открывшейся возможности одновременной передачи по одному проводу, особенно по специальному кабелю, нескольких сообщений.

Есть ряд областей, которым чужды вопросы связи, но которые тем не менее пользуются радиометодами. С помощью колебаний высокой частоты. иногда огромной мощности эффективно производят сушку дерева, закаливают стальные изделия, очищают от вредителей продукты сельского хозяйства, стерилизуют консервы в пищевой промышленности. В медицине с успехом применяют воздействие радиоколебаний на живой организм как лечебное средство.

В других областях производства и техники используется необычайная чувствительность радиоприборов. Здесь радиометоды служат для точнейшей калибровки изделий, для автома-

[1] По разным источникам.

тизации производств, для браковки изделий по величине, весу и даже цвету, для их счета и пр.

Существует много различных применений телевизионной аппаратуры: для ночного видения, для астрономических наблюдений солнечной короны. Физики применяют по сути дела радиометодику при исследовании атома, для устройства электронного микроскопа с необычайно большим увеличением.

Различные вакуумные и газоразрядные устройства, широко применяемые ныне в сильноточной электротехнике, первоначально были разработаны для питания мощных радиостанций.

Сама радиосвязь за прошедшие полвека развилась очень сильно.

Новые формы связи в радио редко приводят к уничтожению своих предшественников. Обычно они только вынуждают совершенствовать старые виды связи.

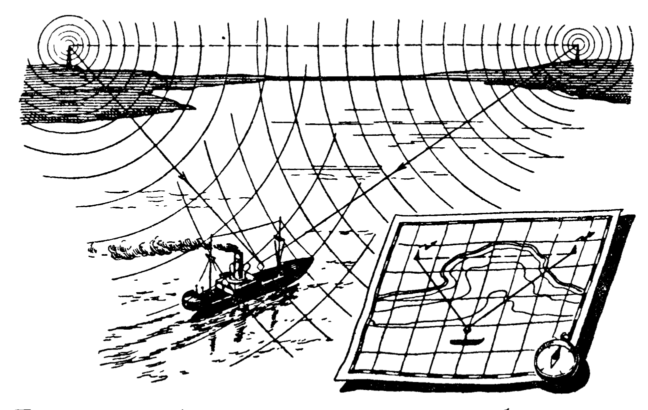
Так появление радиотелефонии привело к необычайному увеличению скорости радиотелеграфирования.

Передачу по радио печатного текста, рисунков и рукописей с сохранением почерка — фоторадиотелеграфию — также можно расценивать как быстродействующий радиотелеграф.

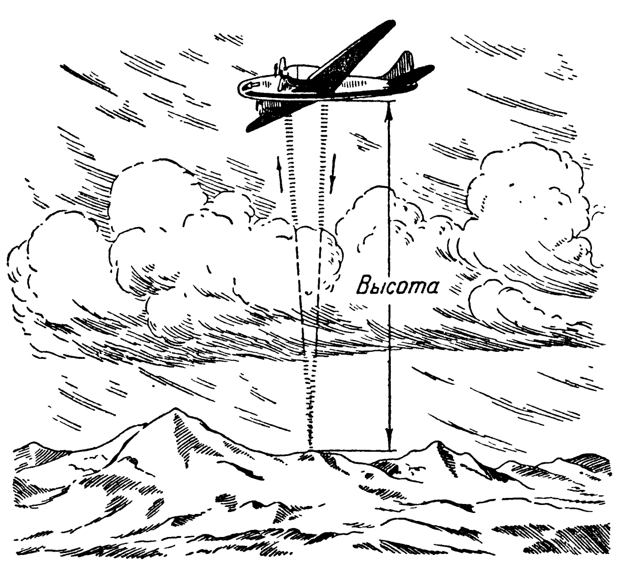
За полвека бурного развития радио по сути дела только два основных принципа остались неизменными: это принцип излучения электромагнитных волн и сам принцип электрических колебаний.

Крупнейшим этапом в развитии радиотехники явилось изобретение и практическое применение электронной лампы.

В 1915 г. электронная лампа уверенно выступила на мировую арену и в предельно короткий срок завоевала все руководящие позиции: она не только заставила забыть об искровых передатчиках, но и вытеснила гораздо более совершенные дуговые генераторы и машины высокой частоты, ибо электронная лампа дала возможность создать электронный генератор незатухающих колебаний. Препятствовавшие прогрессу радио затухающие колебания удалось, наконец, полностью сдать в архив.



Пеленгуя две береговые радиостанции, корабль определяет свое местоположение.



Радиовысотомер измеряет высоту полета над землей.

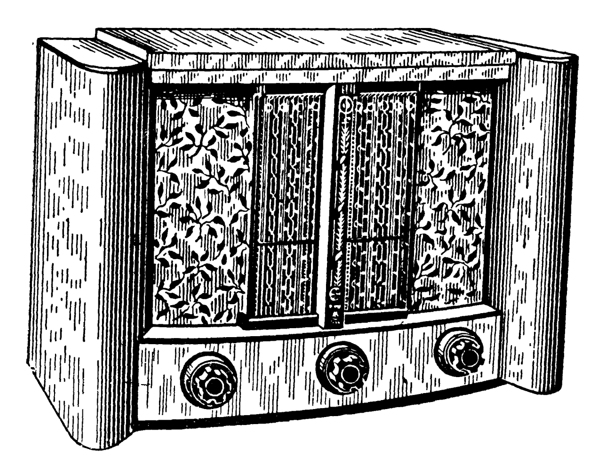
Ламповый генератор является наиболее совершенным. Он одинаково устойчиво работает при любых мощностях, начиная от самых малых до многих десятков, а ныне и сотен киловатт; он может генерировать колебания от самых медленных до невероятно быстрых, в тысячи миллионов колебаний в секунду.

Первой областью радио, в которой применили электронную лампу, был радиоприемник. Появился тот изумительный прибор, который называется ламповым усилителем. В своем современном виде он способен усиливать сигналы в сотни тысяч и миллионы раз, не внося в них искажений. Усилитель сразу же сделал громче сигналы от существующих радиостанций и тем весьма сильно увеличил радиус их действия.

С этого момента радиоприемник, до тех пор очень мало прогрессировавший со времен Попова, совершил в своем качественном развитии громадный скачок.

Хороший современный радиоприемник — супергетеродин — надежен и прост в обращении. Но под его внешней простотой скрыт исключительно сложный аппарат. Супергетеродин — сгусток многолетнего труда физиков, техников, конструкторов.

Часто задается вопрос: зачем при современных усилениях строить такие мощные передаю-



Современный радиопремник — супергетеродин— сгусток многолетнего труда физиков, техников и конструкторов.

щие радиостанции? Нельзя ли просто в достаточной мере усиливать сигналы слабых станций?

Радиостанций на земном шаре такое множество, что радист оказывается в положении человека, разговаривающего в толпе: чтобы быть услышанным собеседником, он должен перекричать общий гул. Кроме того, включение и выключение и просто работа всяких электрических приборов создают дополнительные помехи, особенно в городах. Грозы всей земли присоединяют сюда атмосферные помехи, которые в свое время впервые наблюдал Попов. И, наконец, если даже все эти причины какимлибо способом устранить (на ультракоротких волнах это удается), все же остается шум от движения электронов в лампе и в проводах.

В сказках повествуется о человеке, слышавшем, как растет трава. Но это сказка, а вот быль современности. Современный радист может слышать даже, как двигаются электроны. Это прекрасно характеризует современные методы приема, но в то же время не позволяет беспредельно уменьшать мощность радиостанции, ибо шум электронов заглушает слишком слабый сигнал.

Изумительная чувствительность современных радиоприемников именно и сделала возможной современную радиолокацию, ибо иначе не удалось бы обнаруживать то необычайно слабое электромагнитное поле, те совершенно ничтожные мощности, которые после рассеяния от самолета или корабля доходят до радиолокатора. Более того, радиотехникам удалось «прозондировать» Луну радиолокационными методами и получить отражение радиосигналов от Луны. Этим доказано, что действительно очень короткие волны достаточно хорошо пронизывают ионосферу.

Второй переломный момент в истории радио определился переходом дальних радиосвязей с длинных волн на короткие, длиной в несколько десятков метров; это принесло с собой завоевание радиосвязью всего земного шара, возможность громадного увеличения числа действующих радиостанций и громадную экономию их мощности.

Сразу же после первых применений изобретенной Поповым антенны радио вступило на путь все большего удлинения волны. Вначале это происходило автоматически, по свойствам радиоустройств того времени; потом удлинение волны стало производиться сознательно, поскольку это увеличивало дальность передач. В результате к началу двадцатых годов длина волны достигала почти 30 *км*.

В начале двадцатых годов началось бурное развитие радиолюбительства. Чтобы радиолюбительские станции не мешали, им был отведен диапазон коротких волн, признававшийся для серьезных целей непригодным. Но, работая в этом диапазоне, радиолюбители произвели своего рода массовый эксперимент над распространением коротких волн. И тут произошло событие, оказавшееся роковым для длинноволновых дальних радиосвязей: любители получили на своих коротких волнах совершенно неожиданно для всех, и для самих себя в том числе, радиосвязь через Атлантику и в довершение эффекта — на ничтожных мощностях.

Короткие волны с этого момента быстро становятся главнейшим средством дальних радиосвязей. Скоро выяснилось, что радиоволны способны опоясать весь земной шар и даже не один раз.

Длинным волнам нашлась, однако, другая область применения. Наименее длинные из них



Радиолюбители стали устанавливать на коротких волнах связь на большие расстояния и на ничтожных мощностях.

остались и по сие время в качестве радиовещательных. Применяются они и в качестве резерва при перерывах в коротковолновой радиосвязи, вызываемых время от времени капризами ионосферы.

Ионосфера — это верхние слои земной атмосферы, состоящие из наэлектризованных молекул воздуха. Ионосфера действует на радиоволны подобно зеркалу, благодаря которому можно при желании видеть, что делается за углом стены. Радиоволны направляются в своем движении ионосферой сверху и земной поверхностью — снизу.

Подобно этому наиболее короткие из применяемых ныне радиоволн — волны в несколько сантиметров длиной — очень часто заставляют распространяться внутри металлических труб, так называемых волноводов. И волны легко следуют по изгибам этих труб.

Состояние ионосферы определяется излучением солнца и меняется в течение суток, года и так называемого 11-летнего солнечного цикла. В зависимости от состояния ионосферы в сильной мере изменяются и условия распространения радиоволн.

Для правильной организации радиосвязи надо очень умело и тщательно выбирать длину рабочих радиоволн. Это стало возможным только после открытия способа непосредственного наблюдения за состоянием и строением ионосферы. Здесь применяется тот же метод, который лежит в основе современной радиолокации, — метод радиоотзвука или радиоэхо. По времени путешествия радиосигнала до ионосферы или самолета и обратно определяется расстояние до них. В случае ионосферы, кроме того, получается ценнейшее указание, отражается ли в данный момент волна данной длины или нет.

Сравнение ионосферы с зеркалом не произвольно: оно вытекает из тождества природы радиоволн и волн световых, из электромагнитной природы света. Конечно, различие в длинах волн влечет за собой и качественные изменения. Но все же распространение радиоволн нормируется законами оптики, надлежащим образом обобщенными. Может быть наиболее наглядно это проявляется на самых коротких из применяемых ныне волн, на волнах длиной в несколько метров, дециметров, сантиметров, объединяемых по нашему стандарту общим названием ультракоротких волн, в части распространения которых именно трудами советских ученых разрешено много принципиальных, первоочередных вопросов.

Однако оптика далеко не единственная область физики, тесно связанная с вопросами радиотехники. В радио, может быть, полнее, чем в какой-либо другой технической дисциплине, физика и техника творчески сливаются в одно неразделимое гармоничное целое.

Это далеко не внешняя и не условная связь, это — жизненное условие развития. Радио — это синтез радиотехники и радиофизики.

Громадное значение имеет в вопросах радио электродинамика. Являясь основой теории безионосферного распространения радиоволн и антенных устройств, она приобрела особо большое значение в связи с развитием диапазона ультракоротких волн и поднятых в связи с этим вопросов об остронаправленных антеннах, волноводах, объемных резонаторах и многом другом. И в этой области у советских ученых имеются большие достижения.

Научная электроника, включая сюда электронную оптику, является основной базой расчетов современных электронных приборов. Советские достижения в области построения таких приборов, в том числе и предназначенных для генерации сверхвысоких частот, неразрывно связаны с теоретическими работами.

Гордостью советской радиофизики является теория колебаний, поднятая школой академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси на принципиальную высоту.

Третий переломный момент в истории развития радио мы переживаем теперь. Это — возвращение на новой электронной основе к волнам первых радиопередач Попова и к волнам еще гораздо более коротким, которые раньше служили только чисто научным целям и казались полностью непригодными для техники.

Диапазон ультракоротких волн по своим свойствам и особенностям радикально отличен от диапазонов более длинных волн.

Лет десять назад один радиоспециалист, воспитанный на привычках длинноволновых диапазонов и впервые ознакомившийся с УКВ, воскликнул при этом: «Да ведь это совсем и не радио!».

Но УКВ — это, конечно, радио, но радио новое, вынуждающее ломать старые привычки.

Диапазон УКВ необычайно емок, ибо, например, только в промежутке между волнами в 100 и 111 *см* можно разместить столько же не мешающих друг другу радиотелефонных станций, сколько их во всем диапазоне коротких волн с длинными на придачу.

Из-за такой огромной емкости радиостанции здесь можно располагать гораздо просторнее, что дает возможность благодаря применению так называемой частотной модуляции обеспечить свободу от помех, не достижимую на более длинноволновых диапазонах. На УКВ

на одной единственной волне с помощью соответствующих устройств можно передавать одновременно десятки и даже сотни телефонных разговоров.

Но это все покупается ценой, которая с точки зрения длинноволновой радиотехники кажется непомерной. Прежде всего УКВ, кроме только самых длинных из них, принципиально не могут далеко распространяться и в лучшем случае дальность их передач раза в два-три превосходит дальность горизонта; нормально же она ограничивается горизонтом. Таким образом, в области УКВ жертвуют таким свойством радио, которое всегда считалось ценнейшим. Однако на переживаемом этапе это свойство из недостатка превращается в достоинство, ибо оно спасает от взаимных помех даже сравнительно недалеко расположенных станций и обеспечивает известную секретность передачи.

Но для УКВ, не задумываясь, жертвуют и вторым ценнейшим свойством радио — свободой от наземных линейных сооружений. Действительно, все больше входят в жизнь так называемые ретрансляционные УКВ линии, состоящие из целой цепи высоких башен, каждая из которых несет на себе автоматическую приемо-передающую станцию. По этой цепи сигнал идет, как по старинной семафорной линии — от одной из промежуточных станций к следующей и т. д. Но этот сигнал, конечно, идет со скоростью радиопередачи.

В диапазоне УКВ стройно развиваются такие свойства и возможности, которые на других диапазонах осуществляются только частично. Например, здесь мы получаем полную возможность излучать радиоволны в нужном нам направлении. Этим мы прежде всего можем колоссально экономить мощность и работать на таких линиях с мощностями, которые показались бы на других диапазонах смехотворными. Но, главное, мы этим получаем прекрасное средство для радионавигационных и радиолокационных целей.

Таковы основные этапы развития радиотехники за пятьдесят с лишним лет ее истории.

На всех этапах этой блестящей истории и во всех без исключения разделах радиотехники советские инженеры и ученые дали ведущие, глубоко оригинальные экспериментально-теоретические исследования, сделали замечательные открытия и изобретения, создали инженерные сооружения, превосходящие зарубежные.

Важные, ведущие исследования, изобретения и их применения осуществлены в области генерации и приема, излучения и распространения радиоволн всех диапазонов.



Радио стало незаменимым средством связи, организации и управления в работе тракторных бригад.

Крупнейшие достижения и изобретения сделаны нашими учеными и специалистами во всех областях применения радиометодов — от быстродействующей радиотелеграфии до телевидения, от методов закалки стали и других технологических приложений до радиолокации и радионавигации.

В этих областях советские радиоспециалисты дали основные, ведущие, необходимые для развития радио работы, открытия, изобретения, опережающие зарубежные в ряде важных моментов.

Много заслуг в развитии отечественного радио имеют советские радиолюбители, оказывающие большую помощь в выполнении важнейшей задачи, поставленной партией и правительством, — сплошной радиофикации советской страны.

Но радио в нашей стране является не только могучим средством агитации, пропаганды и просвещения, не только универсальной формой связи. Оно стало и своеобразным рабочим инструментом в самых различных областях социалистического общественного производства.

Радио широко применяется в социалистической промышленности. Большое распространение оно получило в сельскохозяйственном производстве, где радио стало незаменимым средством связи, организации и управления в работе тракторных бригад.

Широкое применение нашло оно на всех видах советского транспорта как в качестве надежной формы связи, так и в качестве орудия руководства и производственного контроля. С каждым годом радио все глубже, все шире проникает в новые отрасли народного хозяйства СССР.

Этому развитию советского радио в величайшей мере способствует забота партии и

правительства о кадрах, о науке и о людях науки. Высшие радиотехнические учебные заведения и кафедры радиотехники дали стране многочисленные отряды радиоспециалистов. Сталинские премии явились высокой правительственной наградой и оценкой труда многих советских радистов, вдохновляя их на новые плодотворные исследования и изобретения.

Достижения советской научной мысли — наглядный показатель неисчерпаемых творческих возможностей, которые открыты перед советскими специалистами в области радио.

Успехи и задачи советского радио[1]

В нашей стране — на родине радио — благодаря неустанным заботам партии и правительства созданы все условия для того, чтобы темпы развития радиофизики, радиотехники и электроники во всех их разновидностях непрерывно росли. Радио в нашей стране превратилось в могучий двигатель культуры. Оно прочно вошло в повседневный быт трудящихся, получило широчайшее применение в большинстве отраслей народного хозяйства, науки и техники.

Советское радиовещание стало действенным оружием в борьбе за проведение в жизнь политики партии и правительства, направленной на максимальное удовлетворение материальных и культурных потребностей народа и дальнейшее укрепление могущества нашей Родины.

Радио служит у нас делу повышения культуры народа, его политического просвещения, борьбе за мир во всем мире.

РАДИОСВЯЗЬ. Огромная протяженность территории нашей Родины требует непрерывного совершенствования радиосвязей.

Магистральные радиосвязи соединяют Москву со столицами союзных республик и крупными областными центрами, а также эти крупные центры между собой. Областные радиосвязи соединяют областные центры с районными. Такие сети связи строят в областях с большими территориями. Низовые связи в тех же условиях соединяют районные центры с населенными пунктами.

В данное время для радиосвязи применяются главным образом короткие волны и работа на большинстве линий связи осуществляется телеграфом. Низовая радиосвязь довольно широко использует работу телефоном. В ближайшее время должна получить дальнейшее развитие фототелеграфная радиосвязь между крупными центрами страны.

Все магистральные радиосвязи Советского Союза оборудованы сейчас буквопечатающими аппаратами.

Основными задачами на ближайшее время являются дальнейшее увеличение протяженности и повышение устойчивости работы радиотелеграфных, радиотелефонных и фототелеграфных магистральных связей.

XIX съезд Коммунистической партии Советского Союза в директивах по пятому пятилетнему плану указал на необходимость развернуть работы по внедрению радиорелейной связи. Это главная задача в области радиосвязи.

Линия радиорелейной связи представляет собой цепочку приемо-передающих станций, работающих в диапазоне сантиметровых или дециметровых волн и расположенных на расстояниях 50—70 *км* друг от друга. Сигналы, посланные узким пучком одной станцией, принимаются на другой и модулируют здесь передатчик, излучающий их в направлении следующего пункта, который передает их во второе звено этой цепочки и т. д. до пункта назначения.

По каждой линии радиорелейной связи благодаря применению на них весьма высоких частот можно вести одновременно большое число телефонных, телеграфных и фототелеграфных передач, а также передавать телевидение.

Развитие этого вида связи будет означать подлинный переворот в области междугородной связи, имеющей особо важное значение для нашей страны с ее необъятными просторами. Такие связи смогут полностью удовлетворить потребности широких слоев населения и народного хозяйства.

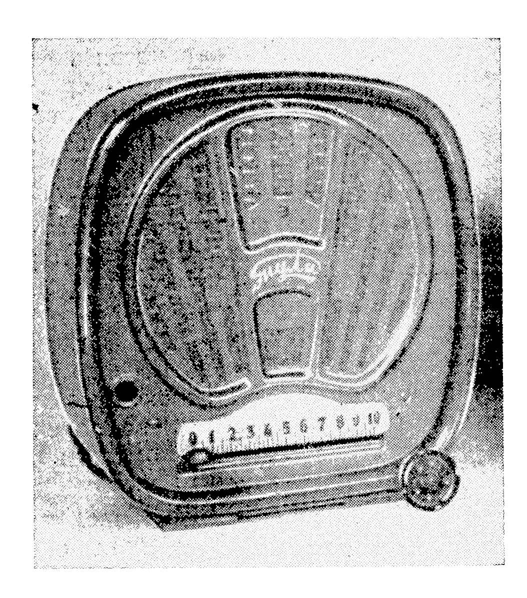
РАДИОВЕЩАНИЕ. Непрерывное совершенствование всех технических средств советского радиовещания является одной из задач большой армии радиоспециалистов, работающих в промышленности и на эксплуатации.

В директивах XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза по пятому пятилетнему плану специально указано на необходимость дальнейшего значительного увеличения мощности радиовещательных станций. Это обязывает советских ученых и радиоспециалистов непрерывно работать над дальнейшим улучшением качества работы этих станций, увеличением их мощности и к. п. д., а также над улучшением стабильности их частоты и т. п.

Промышленностью разработаны новые радиовещательные передатчики. В них применена

---

[1] По разным источникам.



Экономичный, батарейный радиоприемник „Тула".

В соответствии с директивами XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза необходимо всемерно расширять работы по внедрению ультракоротковолнового радиовещания, которое позволяет получить значительно лучшее качество воспроизведения программ при меньшем влиянии индустриальных помех.

Неуклонно растет из года в год сеть радиоприемных устройств. Много внимания уделяется качеству радиоприемной аппаратуры.

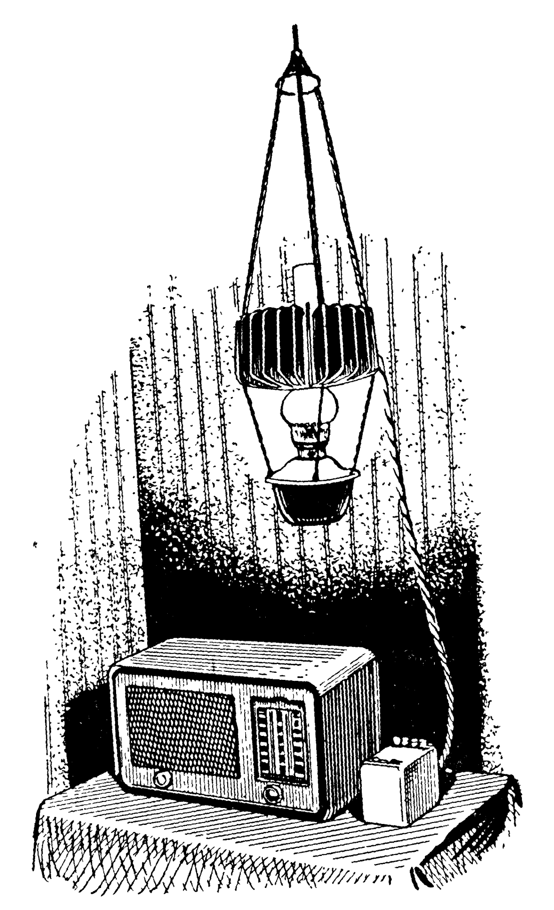
В 1951 году был утвержден государственный стандарт на радиовещательные приемники. В связи с этим в ряд выпускаемых промышленностью приемников внесены улучшения. В частности, в новой модели колхозного приемника «Родина» применены экономичные одновольтовые малогабаритные лампы. По сравнению со старой моделью («Родина-47») потребление электроэнергии на накал снижено в два раза и составляет всего 0,5 *вт*.

новая серия электронных ламп с питанием катодов переменным током. Специальные тиратронные выпрямители, плавно поднимающие напряжение на анодах ламп, позволяют увеличить срок службы ламп. Автоматы, заменяющие плавкие предохранители, уменьшают перерывы в работе станций. Все это снижает стоимость эксплуатации передатчиков.

В настоящее время достигнуты большие успехи в стабилизации частоты. Созданы новые возбудители для всех радиовещательных диапазонов, которые обеспечивают стабильность частоты, превосходящую международные нормы. Разработан новый прибор, позволяющий измерять нелинейные искажения во время передачи.

Советское радиовещание располагает высококачественными радиовещательными передатчиками, микрофонами, усилительным оборудованием. В качестве каналов для передачи радисвещательных программ из одного города в другой используются экранированные и фантомные цепи междугородных кабельных линий связи, а также сдвоенные каналы высокочастотных систем уплотнения воздушных и кабельных линий связи. Система междугородного вещания позволяет доводить до районных центров с хорошим качеством программы центрального и местного вещания.

Большие перспективы в деле развития высококачественного многопрограммного радиовещания для крупнейших культурных и промышленных центров оказывает применение ультракоротких волн.



Термогенератор вырабатывает электроэнергию, используя тепло обычной керосиновой лампы или какого-либо другого источника тепла. Его энергии достаточно для питания батарейных радиоприемников „Родина", „Искра" и других.

Для районов, не имеющих электросетей, продолжается выпуск экономичного и простого приемника «Тула». Этот двухламповый приемник весит всего 1,7 *кг*, потребляет по накалу 150 *мвт* и по аноду 0,27 *вт.*

Разработан новый тип источника питания для приемника «Родина» — термогенератор. Он вырабатывает электроэнергию, используя тепло обычной керосиновой лампы или какого-либо другого источника тепловой энергии.

Отечественная промышленность выпускает радиоприемники ряда типов. Среди них приемники первого класса: «Мир», «Рига-10» и «Белорусь», приемники и радиолы второго класса: «Балтика», «Урал», «Рига-6», «VV-663», «Баку», «Родина-52», приемники и радиолы третьего класса :«Рекорд» и, наконец, дешевые массовые приемники и радиолы четвертого класса: «Москвич», «Кама» и др.

Постановление партии и правительства о расширении производства промышленных товаров широкого потребления и улучшении их качества устанавливает резкое увеличение выпуска радиоприемников. В 1954 г. должно быть выпущено 2 861 000, а в 1955 г. 3 767 000 радиоприемников.

Для дальнейшего расширения производства радиоприемников и повышения их качества большое значение имеют разработки радиодеталей из новых материалов, а также механизация и автоматизация производства.

Существенно расширена номенклатура керамических радиодеталей и материалов и повышено их качество. Путем применения металлизованной бумаги удалось значительно улучшить качество и уменьшить в два—четыре раза размеры бумажных конденсаторов. Эти новые конденсаторы обладают весьма ценным свойством: они самовосстанавливаются после пробоя.

Новые непроволочные сопротивления имеют значительно более высокие электрические характеристики и в пять раз меньший объем, чем известные углеродистые сопротивления.

Научно-исследовательские разработки материалов привели к созданию нового типа магнитных феррокерамических материалов — ферритов. Исходными материалами для изготовления ферритов являются окислы железа, цинка, никеля и других материалов. В зависимости от исходных материалов и технологии изготовления начальная магнитная проницаемость ферритов может изменяться от 10 до 2 000. Удельное сопротивление ферритов в миллионы раз больше, чем у обычных мягких магнитных материалов.

Применение ферритов позволяет по-новому решать задачи конструирования радиоаппаратуры, облегчает создание высокочастотных магнитных усилителей, разработку конструкций трансформаторов промежуточной частоты, трансформаторов и дросселей для телевизионных и радиовещательных приемников, блоков настройки и т. п.

Изменение магнитной проницаемости ферритного сердечника под воздействием поля постоянного магнита дало возможность разработать блок настройки для массового дешевого приемника, позволяющий перекрыть средневолновый и длинноволновый вещательные диапазоны без каких-либо переключений в колебательных контурах.

Значительное внимание уделяется внедрению «печатного» монтажа. Применение такого монтажа является одним из элементов дальнейшей автоматизации изготовления радиоприемников.

За последние годы для усиления сигналов стали применять магнитные усилители. Такие усилители по сравнению с усилителями, содержащими электронные лампы, более прочны, конструктивно более просты и более надежны в эксплуатации. К тому же они способны выдерживать большие перегрузки, их характеристики более стабильны. Все это позволяет предполагать, что магнитные усилители найдут широкое применение во многих устройствах, в которых в настоящее время применяются электровакуумные приборы.

Широкие перспективы сулит также применение в радиоаппаратуре полупроводниковых приборов. Полупроводниковые диоды и триоды, изготовляемые из германия, кремния и ряда других полупроводников, во многих случаях могут заменить электровакуумные приборы. Это позволит уменьшить размеры приемника, повысить его надежность в работе, увеличить срок службы и сократить расход энергии на питание.

С вопросом о качестве радиовещания тесно связана борьба с промышленными помехами. В настоящее время применение радиотехнических методов во всех отраслях народного хозяйства, в науке и технике приняло такие масштабы, что для обеспечения нормальной эксплуатации средств радиосвязи, радиовещания и телевидения требуется проведение ряда организационно-технических мероприятий.

Радиоспециалисты и радиолюбители, радиотехническая печать должны принять самое активное участие в контроле, выявлении и разработке эффективных методов борьбы с помехами радиоприему, в разработке простых и надежных приборов для обнаружения и измерения уровня помех.

ПРОВОДНАЯ РАДИОФИКАЦИЯ. Сосредоточив внимание на решении задач массовой

радиофикации села, работники радиопромышленности и радиофикации занялись в первую очередь разработкой дешевой, экономичной аппаратуры и подысканием источников питания для нее. С 1951 года начат выпуск нового радиоузла типа КРУ-10 с выходной мощностью в 10 *вт*. В разработке его учтен опыт эксплуатации усилительной аппаратуры типа КРУ-2.

КРУ-10 предназначен для укрупненных колхозов. Комплект его состоит из приемно-усилительного устройства и отдельного блока питания. Аппаратура отличается большой экономичностью. Для этого узла специально разработан ветроэлектроагрегат (ВЭ-2). Зарядка аккумуляторов узла может также производиться и от осветительной сети.

Для еще неэлектрифицированных местностей разработан комплект аппаратуры, который может питаться и управляться дистанционно из районного центра по проводам внутрирайонной и телефонной сети на расстоянии до 30—40 *км*. Передача программ производится токами высокой частоты.

Много внимания уделили работники радиофикации развитию подземной кабельной сети, заменяющей воздушные линии. Здесь применяется кабель с хлорвиниловой изоляцией.

Работникам радиофикации удалось найти методы, позволяющие строить такие кабельные линии длиной до 50 *км*. Для механизации работ по прокладке этих кабелей разработано несколько типов кабелеукладчиков и специальных клещей для сращивания кабеля.

В крупных городах внедряется аппаратура проводного вещания, обеспечивающая более высокое качество передачи. Организован выпуск приборов дистанционно-управляемых подстанций системы проводного вещания. Разработана установка многопрограммного вещания по трансляционным сетям.

ТЕЛЕВИДЕНИЕ. Директивами XIX съезда партии определено дальнейшее развитие телевидения в нашей стране.

В 1953 г. в СССР работало три телевизионных центра — Московский, Ленинградский и Киевский. В ряде городов уже развернуто строительство телевизионных центров, которые в ближайшее время вступят в эксплуатацию.

Отечественная промышленность разработала типовые передатчики изображения и звукового сопровождения для телевизионных центров.

Большой опыт по внестудийным телевизионным передачам из театров, со стадионов и с площадей, накопленный Московским телевизионным центром, подсказал целесообразность сооружения постоянных трансляционных пунктов для одновременного обслуживания целой группы зрелищных предприятий. Такие постоянные трансляционные пункты позволят повысить качество и надежность действия используемой аппаратуры.

В 1951 году закончена разработка типового компактного, несложного в монтаже, экономичного в эксплуатации телевизионного центра, предназначенного для установки в столицах союзных республик и крупных областных центрах. Оборудование этого типового центра позволяет проводить как студийные, так и внестудийные передачи.

Успешно прошли опытные работы по трансляции телевизионных программ по междугородным кабелям.

В будущем в каждом населенном пункте, через который пройдут такие магистрали и где будут находиться усилительные пункты, можно будет организовать ретрансляцию телевизионных передач.

В ближайшее время должны начаться экспериментальные передачи цветного телевидения. Наряду с этим перед нашими учеными стоит также задача окончить разработку эксплуатационной системы объемного телевидения.

Важное значение для развития телевидения могут иметь телевизионные трансляционные узлы. В этом случае приемное устройство абонента значительно упрощается и удешевляется. Как показали эксперименты, телевизионный трансляционный узел может обеспечить прием изображения более высокого качества, чем обычный индивидуальный телевизор. В 1953 г. в одном из домов Москвы оборудован опытный телевизионный узел на 50 абонентских точек.

Партия и правительство уделяют большое внимание увеличению выпуска телевизоров. В 1954 г. должно быть выпущено 325 000, в 1955 г. 760 000 телевизоров.

Большое внимание уделяется повышению качества выпускаемых и разрабатываемых новых телевизионных приемников.

Выпускавшиеся до сих пор телевизоры создают значительные помехи радиовещательному приему. Путем несложных мероприятий (экранирование стенок ящика, отдельных цепей приемника, установка фильтров в цепи питания) такие помехи удалось снизить более чем в десять раз.

В связи с большим размахом жилищного строительства, в частности строительства высотных домов, встал вопрос о коллективных телевизионных антеннах и комбинированных антеннах для приема телевидения и радиовещания.

Разработано коллективное антенное устройство для обслуживания 200 телевизоров. Это — антенна, состоящая из собственно антенны, усилительного устройства и распределительной сети.

Изготовлен также образец коллективной антенны без усилителя, не требующей специального обслуживания. К ней можно подключить до ста телевизоров без усилителя. Испытания этой антенны показали возможность применения ее на расстояниях до 10 *км* от телевизионного центра.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОМЕТОДОВ И ЭЛЕКТРОНИКИ. Советский народ под руководством Коммунистической партии осуществляет величественную мирную программу строительства коммунистического общества. Во всех отраслях народного хозяйства нашей Родины в нарастающем темпе внедряются новые высокопроизводительные механизмы и оборудование; широкое внедрение получили новые высокопроизводительные методы организации труда.

Освоение новой техники, повышение эффективности использования оборудования и механизмов, снижение норм расхода электроэнергии, топлива, дефицитных материалов, усовершенствование измерительной техники, удешевление строительства, широкое и смелое внедрение новых материалов, новых технологических процессов, автоматизация трудоемких процессов имеют крупнейшее народнохозяйственное значение.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники, во все области деятельности и в быт советских людей, играют в техническом прогрессе нашей страны огромную роль. На их основе создаются наиболее совершенные системы автоматики и телемеханики, позволяющие управлять весьма сложными механизмами.

В настоящее время нельзя назвать ни одной отрасли точных и естественных наук, где широко ни применялись бы радиотехнические методы и электроника. Применение радио в астрономии, метеорологии и различных отраслях современной физики, появление прикладной электронной математики — все это является далеко не полным перечнем отраслей науки, в которых нашли применение радиотехника и электроника. Однако, несмотря на имеющиеся достижения, сделано еще далеко не все.

Необходимо еще шире внедрять электронику и радиометоды в науку и промышленность, учитывая, что применение этой новой техники ведет к повышению производительности труда и улучшению качества продукции при значительном снижении ее себестоимости, открывает во многих случаях новые возможности для научных исследований.

Источниками дальнейшего технического прогресса являются широкое развитие массовой рационализации и изобретательства, расширение связи науки с производством.

СОВЕТСКОЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСТВО. Одним из источников пополнения кадров радиоспециалистов является радиолюбительство.

В организациях Добровольного общества содействия армии, авиации и флоту, на предприятиях, в учреждениях, колхозах и учебных заведениях работают многие тысячи радиокружков. Знания, получаемые в этих кружках, сотни тысяч радиолюбителей стремятся направить на развитие радиофикации, на дальнейшее развитие радиотехники, на внедрение радиометодов в народное хозяйство.

Круг деятельности и интересов радиолюбителей чрезвычайно широк. Они строят любительские коротковолновые станции и работают на них операторами. Они экспериментируют в области радиосвязи на ультракоротких волнах и изучают возможность дальнего приема телевидения. Они конструируют приемную, звукозаписывающую, звуковоспроизводящую и телевизионную аппаратуру, расширяют применение радиометодов и электроники во многих областях науки и техники, на тех предприятиях, где протекает их основная деятельность. Они, наконец, ведут пропаганду радиотехнических знаний среди широких масс.

Наши радиолюбители — это целая армия деятельных, активных творцов, объединенных и организованных, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это наш мощный резерв, который в ближайшие годы вырастет еще во много раз.

Весь этот могучий коллектив, охваченный творческим созидательным трудом, неустанно трудится над тем, чтобы советская радиотехника служила делу строительства коммунизма в нашей стране.

Литература

Книги

Г. А. Бабай, Радио в самолетостроении (Научно-популярная библиотека матроса и солдата), Воениздат, 1951.

Рассказывается о принципах действия и устройстве радиотехнических средств, используемых для самолетовождения: радиомаяках, наземных и самолетных радиопеленгаторах, радиополукомпасах и автоматических радиокомпасах, радиолокаторах и радиовысотомерах. Освещаются заслуги советских ученых в развитии этих средств и приводятся многочисленные материалы, свидетельствующие о том, что родиной радиотехнических

средств кораблевождения и самолетовождения является наша страна.

С. Д. Клементьев, Управление на расстоянии (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1951.

Знакомит с принципами автоматики и телемеханики и приоритетом русских и советских ученых в этой области техники. Наряду с описанием простейших способов управления на расстоянии в брошюре рассматриваются также системы управления по радио.

В Н Логинов, Радиотелеуправление (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1950.

Знакомит с принципами телеуправления, с приборами и схемами телемеханических устройств.

М. В. Максимов, Телеизмерительные устройства (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Дается обзор основных телеизмерительных систем позволяющих осуществить контроль на расстоянии.

К. А. Траскин, Радиолокационная техника и ее применение (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1951.

Излагаются физические основы радиолокации и принципы работы радиолокационных станций. Рассказывается о применении радиолокационной техники в военном деле, в народном хозяйстве и науке.

К. В. Егоров, Автоматика и телемеханика (Научно-популярная библиотека). Гостехиздат, 1950.

Дается краткий обзор развития автоматики—телемеханики и роли отечественных ученых в этом деле.

С. Д. Клементьев, Зоркий помощник (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1950.

Рассказывается о фотоэлектронике и ее применениях.

Г. И. Бялик, Новое в телевидении (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Рассматриваются основные проблемные вопросы техники современного телевидения: увеличение дальности, увеличение размеров экрана, цветное и стереоскопическое телевидение.

Е. А. Левитин, Новое в изготовлении радиоаппаратуры (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Знакомит с новым принципом конструирования и изготовления радиоаппаратуры, получившим название метода печатных схем.

П. И. Евдокимов, Методы и системы многоканальной радиосвязи (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Излагаются основные принципы многоканальной радиосвязи и дается краткое описание систем этой связи на коротких и ультракоротких волнах, в том числе и радиорелейной связи.

Ю. А. Шумихин, Введение в импульсную технику (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Описываются основные импульсные схемы и рассказывается об их применении в радиолокации, радионавигации, в многоканальной радиосвязи, при научных исследованиях и технических испытаниях.

М. И. Финкельштейн и А. Н. Шустерович, Радионавигация (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Знакомит с принципами радионавигации и различными системами радионавигационных установок.

В. Н. Догадин, Новая техника радиофикации села (Массовая радиобиблиотека), Госэнергоиздат, 1952.

Дается обзор последних достижений в области радиофикации. Рассказывается о новой аппаратуре для колхозных радиоузлов, ветроэлектрических агрегатах, массовых радиоприемниках, экономичных громкоговорителях и о новых системах использования для радиофикации линий другого назначения.

М. С. Тукачинский, Как считают машины (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1952.

Обзор развития счетно-вычислительных машин и механизмов от простейших арифмометров до «машин с высшим образованием», действующих на электронно-вакуумных принципах.

С. Д. Клементьев, Электронный микроскоп (Научно-популярная библиотека), Гостехиздат, 1952.

Излагается принцип устройства электронных микроскопов и дается краткий обзор применения их в различных областях науки и техники.

М. Ивановский, Покоренный электрон, Изд. «Молодая гвардия», 1952.

Книга посвящена достижениям электроники и роли русских и советских ученых в ее развитии.

Б. Ляпунов, Борьба за скорость, Изд. «Молодая гвардия», 1952.

Книга посвящена обзору достижений советских ученых, инженеров и новаторов производства в борьбе за скорости в технике. В ней имеется раздел: «Покоренный электрон», в котором рассказывается о роли электроники в борьбе за скорость, о машинах, работающих со сверхвысокими скоростями, о достижениях радиотехники, радиолокации, телевидения, телемеханики к электронной микроскопии.





Содержание



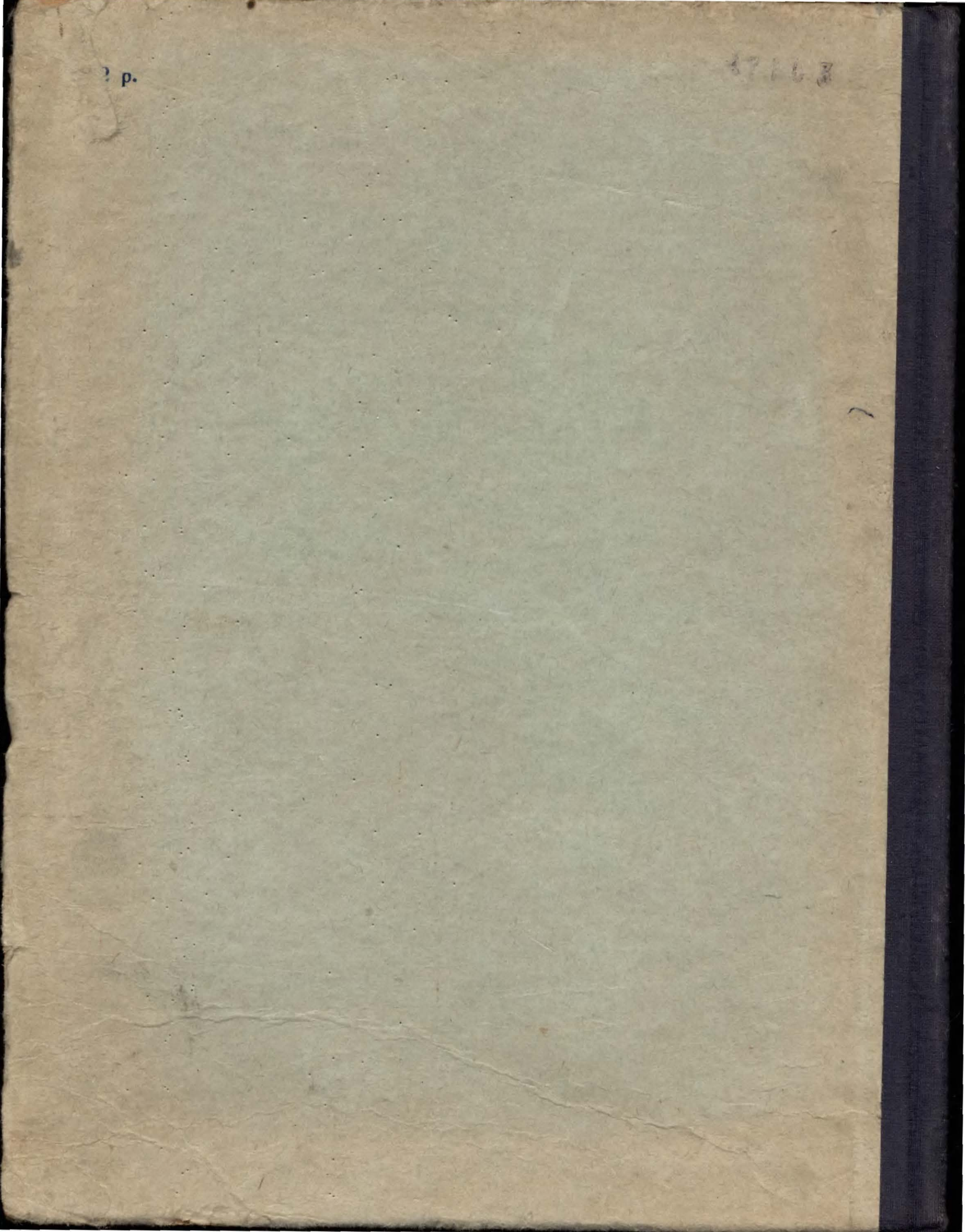
Редактор *И. П. Жеребцов*
Технический редактор *К. П. Воронин*

* * *

Сдано в набор 16/X 1953 г.
Подписано к печати 19/XI 1953 г.
Т-08270. Бумага $82 \times 108^{1}/_{16} = 22,1$ печатных листа
Уч.-изд. л. 26,2 Тираж 50 000 экз. (1-й завод 1—5000)
Заказ 343. 47000 зн. в 1 печ. л.
Цена 12 р.

* * *

Типография Госэнергоиздата. Шлюзовая наб., 10.


2 р.